

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-357830

(P2002-357830A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 F 1/1337		G 0 2 F 1/1337	2 H 0 8 9
1/1333		1/1333	2 H 0 9 0
	5 0 5		5 0 5 2 H 0 9 2
1/1343		1/1343	

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 51 頁)

(21) 出願番号 特願2002-88332(P2002-88332)

(22) 出願日 平成14年3月27日 (2002. 3. 27)

(31) 優先権主張番号 特願2001-98455(P2001-98455)

(32) 優先日 平成13年3月30日 (2001. 3. 30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 花岡 一孝

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 田沼 清治

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100101214

弁理士 森岡 正樹

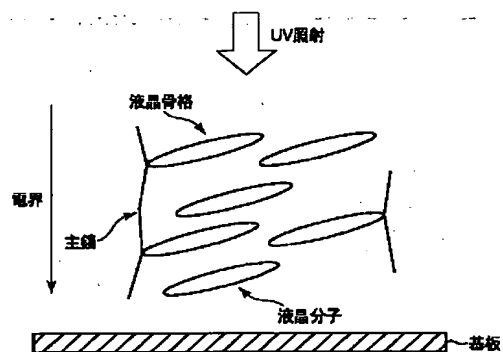
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

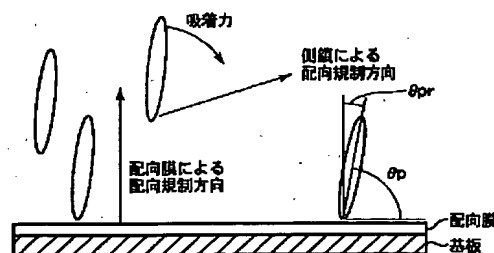
(57) 【要約】

【課題】本発明は、負の誘電率異方性を有する液晶分子の配向状態を異ならせた複数分割配向のMVAモードによる液晶表示装置に関し、透過率の低下を抑えて応答特性を改善した液晶表示装置を提供することにある。

【解決手段】 所定のセルギャップで対向配置された一対の基板と、一対の基板間に形成された垂直配向膜と、垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層と、少なくとも一対の基板の一方に配置され、電圧印加時において液晶層中の全体的な液晶分子の配向方向を規制する配向規制用構造物と、液晶層中に設けられ液晶分子を傾斜させる液晶骨格を備えた硬化物を有するように構成する。



(a)



(b)

BEST AVAILABLE COPY

(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定のセルギャップで対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板間に形成された垂直配向膜と、  
前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層と、  
少なくとも前記一対の基板の一方に配置され、電圧印加時において前記液晶層中の全体的な液晶分子の配向方向を規制する配向規制用構造物と、  
前記液晶層中に設けられ前記液晶分子を傾斜させる液晶骨格又は非液晶骨格を備えた硬化物を有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の液晶表示装置において、前記硬化物は、光硬化性あるいは熱硬化性のモノマーの重合により形成されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 3】 所定のセルギャップで対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板間に形成された垂直配向膜と、  
前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層と、  
前記液晶層中に設けられ、液晶分子の傾斜角を所定領域毎に変化させる液晶骨格又は非液晶骨格を備えた硬化物を有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の液晶表示装置において、少なくとも前記一対の基板の一方に配置され、電圧印加時において前記液晶層中の全体的な液晶分子の配向方向を規制する配向規制用構造物を有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 5】 負の誘電率異方性を備えた液晶に光硬化性のモノマーを添加した液晶層を一対の基板間に封止し、所定の開口パターンを有するマスクを介して前記液晶層を露光して、液晶分子の基板法線方向の平均プレチルト角が所定領域毎に異なるようにすることを特徴とする液晶表示装置の製造方法。

【請求項 6】 対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、  
配向規制用構造物としての、延伸方向に沿って頂上近傍に形成された凹凸部を備え、前記電極上に配置される線状突起と、前記電極の電極材の一部を抜いて形成され、延伸方向にストライプ状電極が形成されたスリット部との少なくともいずれか一方と、  
前記一対の基板間に形成された垂直配向膜と、  
前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 7】 対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板の対向面にそれぞれ形成された第 1 及び第 2 の電極と、  
前記第 1 の電極の電極材の一部を抜いて形成されたスリット部と、前記第 2 の電極の前記スリット部に対向する

2

位置に形成された導電性線状突起との組合せによる配向規制用構造物と、

前記一対の基板間に形成された垂直配向膜と、  
前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の液晶表示装置において、前記スリット部は、前記スリット部の延伸方向にストライプ状電極を備えていることを特徴とする液晶表示装置。

10 【請求項 9】 請求項 8 記載の液晶表示装置において、前記導電性線状突起の頂上部は、延伸方向に凹凸を繰り返す凹凸部を有していることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 10】 対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、  
前記電極の電極材の一部を抜いて形成され、延伸方向にストライプ状電極が形成されたスリット部を有する配向規制用構造物と、

20 前記スリット部以外の前記電極上に形成された誘電体層と、  
前記誘電体層上に形成された垂直配向膜と、  
負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 11】 対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板の対向面にそれぞれ形成された第 1 及び第 2 電極と、  
配向規制用に設けられ、頂上部に第 3 の電極が形成された線状突起と、

30 前記一対の基板間に形成された垂直配向膜と、  
前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 12】 請求項 11 記載の液晶表示装置において、  
前記第 3 の電極には、当該第 3 の電極と対向配置される前記第 1 又は第 2 の電極との電位差が他の領域より小さくなる電位が印加されることを特徴とする液晶表示装置。

40 【請求項 13】 対向配置された一対の基板と、  
前記一対の基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、  
配向規制用構造物としての、前記電極上に配置される線状突起と、前記電極の電極材の一部を抜いて形成されたスリット部との少なくともいずれか一方と、  
前記一対の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、電圧無印加時の前記配向規制用構造物上の液晶分子が非垂直配向する液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

50 【請求項 14】 請求項 13 記載の液晶表示装置において、  
前記電圧無印加時の前記配向規制用構造物上の液晶分子のプレチルト角が、概ね  $0^\circ$  であることを特徴とする液

(3)

3

晶表示装置。

【請求項15】請求項13又は14に記載の液晶表示装置において、

前記配向規制用構造物又はその対向部における配向膜の膜厚は、前記配向規制用構造物が存在しない領域の膜厚よりも薄いことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項16】請求項15記載の液晶表示装置において、

前記配向規制用構造物又はその対向部に前記配向膜を形成しないことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項17】所定のセルギャップ $d$ で対向配置された一対の基板と、前記一対の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、前記基板面にほぼ垂直に配向する液晶とを有する液晶表示装置であって、

前記所定のセルギャップ $d$ は、 $2.0\mu\text{m}$ 以下であり、前記液晶の屈折率異方性 $\Delta n$ は、 $0.1500$ 以上であ\*

$$\begin{aligned} & (\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 233.7) \times (K_{33} + 36.9) \times (d - 1.1) \\ & \times (\Delta \epsilon^4 + 31.7 \Delta \epsilon^3 + 370.8 \Delta \epsilon^2 + 1948.6 \Delta \epsilon + 4304.2) \leq 8.8 \times 10^8 \quad (\text{式1}) \end{aligned}$$

を満たすことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項20】所定のセルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) で対向配置され、少なくとも一方に配向規制用構造物が形成された一対の基板と、前記一対の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、前記基板面にほぼ垂直に配向する液※

$$\begin{aligned} & (\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 875.6) \times (K_{33} + 50.6) \times (d^4 + 2.7 \\ & d^3 + 9.5d^2 + 430.8d + 524.1) \times (\Delta \epsilon^4 + 31.7 \Delta \epsilon^3 + 37 \\ & 0.8 \Delta \epsilon^2 + 1948.6 \Delta \epsilon + 4304.2) \leq 1.6 \times 10^{12} \quad (\text{式2}) \end{aligned}$$

を満たすことを特徴とする液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置 (Liquid Crystal Display; LCD) に関し、特に、負の誘電率異方性を有する液晶分子の配向状態を異ならせた複数分割配向のMVA (Multi-domain Vertical Alignment) モードによる液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】LCDは、種々のフラットパネルディスプレイの中でCRTに代替可能なものとして現在最も有望視されている。LCDは、PC (パーソナルコンピュータ) やワードプロセッサあるいはOA機器の表示モニタとしてだけでなく、大画面テレビや携帯小型テレビ等の民生用 (家電) 機器の表示部に応用されることによりさらに市場拡大が期待されている。

【0003】現在最も多用されているLCDの表示動作モードは、TN (Twisted Nematic; ねじれネマティック) 液晶を用いたノーマリホワイトモードである。このLCDは、対向配置した2枚のガラス基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、両電極上に形成された水平配向膜とを有している。2つの水平配向膜に

4

※り、

リタデーション $\Delta n \cdot d$ は、 $0.30\mu\text{m} < \Delta n \cdot d < 0.42\mu\text{m}$ であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項18】請求項17記載の液晶表示装置において、

前記一対の基板の少なくとも一方に前記液晶の配向方位を規制する配向規制用構造物が形成されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項19】所定のセルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) で対向配置された一対の基板と、前記一対の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、前記基板面にほぼ垂直に配向する液晶とを有する液晶表示装置であって、前記液晶は、前記セルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) と回転粘性 $\gamma_1$  ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ) とスプレイの弾性定数 $K_{11}$  ( $\text{pN}$ ) とベンドの弾性定数 $K_{33}$  ( $\text{pN}$ ) と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ とが、

※晶とを有する液晶表示装置であって、

前記液晶は、前記セルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) と回転粘性 $\gamma_1$  ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ) とスプレイの弾性定数 $K_{11}$  ( $\text{pN}$ ) とベンドの弾性定数 $K_{33}$  ( $\text{pN}$ ) と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ とが、

は互いに直交する方向にラビング等により配向処理が施されている。また、各基板外面にはそれぞれの基板内面の配向膜のラビング方向と平行に偏光軸を合わせた偏光板が配置されている。

【0004】正の誘電率異方性を有するネマティック液晶をこの基板間に封止すると、配向膜に接する液晶分子はラビングの方向に沿って配向する。つまり、2つの配向膜に接する液晶分子の配向方位は直交する。それに伴い両基板間の液晶分子は、基板面に平行な面内で配向方位を順次回転させて基板面に垂直方向に整列し、液晶は基板間で $90^\circ$  振れて配列する。

【0005】上記構造のTN型LCDの一方の基板面に光を入射させると、一方の基板側の偏光板を通過した直線偏光の光は、液晶層を通過する際に液晶分子のねじれに沿って偏光方位が $90^\circ$  回転して、一方の基板側の偏光板と直交する偏光軸を有する他方の基板側の偏光板を通過する。これにより電圧無印加時において明状態の表示が得られる (ノーマリホワイトモード)。

【0006】対向電極間に電圧を印加すると、正の誘電率異方性を有するネマティック液晶分子の長軸が基板面に垂直に配向するためねじれが解消される。この状態の液晶層に入射した直線偏光の光に対して液晶分子は複屈折 (屈折率異方性) を示さない。従って、入射光はその

(4)

5

偏光方位を変化させないで他方の偏光板を透過することができない。これにより所定の最大電圧印加時において暗状態の表示が得られる。再び電圧無印加状態になると配向規制力により明状態の表示に戻すことができる。また、印加電圧を変化させて液晶分子の傾きを制御して他の偏光板からの透過光強度を変化させることにより階調表示が可能となる。

【0007】対向電極間の印加電圧を画素毎に制御するためのスイッチング素子としてTFT (Thin Film Transistor; 薄膜トランジスタ) を各画素に設けたアクティブマトリクス型のTN型TFT-LCDは、薄型、軽量で且つ大画面、高画質が得られるためPC用表示モニタ、携帯型テレビなどに幅広く利用されている。TN型TFT-LCDの製造技術は近年において格段の進歩を遂げ、画面正面から見たコントラストや色再現性などはCRTを凌駕するまでに至っている。しかしながら、TN型TFT-LCDは視野角が狭いという致命的な欠点を有している。特に、パネル観察方向において上下方向の視野角が狭く、一方向では暗状態の輝度が増加して画像が白っぽくなり、他方向では全体的に暗い表示となり、且つ中間調において画像の輝度反転現象が生ずる。これがTN型LCDの最大の欠点となっている。

【0008】このようなTN型LCDの有する視野角特性の問題を解決したLCDとして、日本国特許第2947350号に開示されたMVA-LCDがある。MVA-LCDの構造の一例を示すと、まず、所定の間隔で対向する2枚の基板の対向面側にそれぞれ電極が形成されている。両電極上には垂直配向膜が形成され、2つの垂直配向膜間には負の誘電率異方性を有する液晶が封止されている。両基板の電極と垂直配向膜との間には絶縁体からなる複数の線状の突起が周期的に形成されている。2枚の基板間で対向する線状突起は基板面から見て半ピッチずつずらされて配置されている。この線状突起は画素領域内の液晶を複数の配向方位に分割する配向制御に用いられる。なお、線状突起に代えて電極にスリット部を設けるようにしても配向分割を制御することが可能である。

【0009】2枚の基板の外面には偏光軸が直交する2枚の偏光板が設けられている。電圧印加時に基板表示面で傾斜する液晶分子の長軸の方位が、基板面から見て偏光板の偏光軸に対して概ね45°の角度になるように偏光板の取り付け方向が調整されている。

【0010】負の誘電率異方性を有するネマティック液晶をこの基板間に封止すると、液晶分子の長軸は垂直配向膜の膜面に対して垂直方向に配向する。このため、基板面上の液晶分子は基板面に垂直に配向し、線状突起の斜面上の液晶分子は基板面に対して傾斜して配向する。

【0011】上記構造のMVA-LCDの両電極間に電圧を印加しない状態で、一方の基板面から光を入射させ

6

ると、一方の偏光板を通過して液晶層に入射した直線偏光の光は、垂直配向している液晶分子の長軸の方向に沿って進む。液晶分子の長軸方向には複屈折が生じないため入射光は偏光方位を変えずに進み、一方の偏光板と直交する偏光軸を有する他方の偏光板で吸収されてしまう。これにより電圧無印加時において暗状態の表示が得られる(ノーマリブラックモード)。

【0012】対向電極間に電圧が印加されると、線状突起で予め傾斜している液晶分子の配向方位に倣って基板面上の液晶分子の配向方位が規制されつつ液晶分子の長軸が基板面に平行に配向する。

【0013】この状態の液晶層に入射した直線偏光の光に対して液晶分子は複屈折性を示し、入射光の偏光状態は液晶分子の傾きに応じて変化する。所定の最大電圧印加時において液晶層を通過する光は、例えばその偏光方位が90°回転させられた直線偏光となるので、他方の偏光板を透過して明状態の表示が得られる。再び電圧無印加状態にすると配向規制力により暗状態の表示に戻すことができる。また、印加電圧を変化させて液晶分子の傾きを制御して他の偏光板からの透過光強度を変化させることにより階調表示が可能となる。

【0014】各画素にTFTが形成されたアクティブマトリクス型のMVA方式TFT-LCDによれば画素内の液晶の配向方位を複数に分割できるので、TN型TFT-LCDと比較して極めて広い視野角と高いコントラストを実現することができる。また、ラビング処理が不要なので、製造工程が容易になると共に製造歩留まりを向上させることができるようになる。

【0015】しかしながら従来のMVA方式TFT-LCDは、表示の応答時間において改善の余地を残している。すなわち、黒表示から白表示の後、再び黒を表示する場合には高速応答が可能であるが、中間調から別の中間調を表示する際の応答時間に関してはTN型TFT-LCDにやや劣っている。

【0016】また光の透過率についても、従来のMVA方式TFT-LCDは、横電界方式のIPS (In-plane Switching) 方式の広視野角LCDより2倍程度優れているが、TN型TFT-LCDには及ばない。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】このように、MVA方式TFT-LCDは、視野角、コントラスト、及び黒ー白ー黒表示の応答時間に関して、従来のLCDの抱えていた問題を解決したが、中間調表示における応答時間と透過率については従来のTN型LCDを越えるに至っていない。

【0018】ここで、従来のMVA-LCDの中間調応答が従来のTN型LCDと比較して遅い原因を図73及び図74を用いて説明する。図73は、MVA-LCDパネルを基板面に垂直な方向で切断した断面の概略構成

(5)

7

を示している。図73(a)は、電圧無印加時の液晶の配向状態を示し、図73(b)は、電圧印加時の液晶の配向状態を示している。図73(c)は、配向制御状況を示す概念図である。図74は、TN型LCDパネルを基板面に垂直な方向で切断した断面の概略構成を示している。図74(a)は、電圧無印加時の液晶の配向状態を示し、図74(b)は、電圧印加時の液晶の配向状態を示している。図74(c)は、配向制御状況を示す概念図である。

【0019】まず、図74を用いてTN型LCD100について先に説明する。図74(a)に示すように、電圧無印加時において、TN型LCD100の液晶102は対向配置された上基板104側の電極108と下基板106側の電極110（共に配向膜は図示せず）との間で90°ねじれて配向している。電極108、110間に電圧が印加されると、図74(b)に示すように、液晶分子は基板104、106面にほぼ垂直に起立してねじれが解消する。電圧印加を解除すれば、液晶分子は元の基板104、106面にほぼ平行な方向に回転してねじれ配向に戻る。このようにTN型LCD100の場合には、図74(c)の斜線部112に示すように、電極108、110上の不図示の配向膜界面近傍の液晶分子が配向膜の規制力で配向制御されるだけでなく、カイラル剤の添加等によるツイスト配向により、液晶層102中央領域の液晶分子もある程度配向制御がなされていると見ることができる。

【0020】一方、図73(a)に示すように、電圧無印加時において、MVA-LCD114の液晶124のうち、線状突起126、128、130近傍以外の液晶分子は、対向配置された上基板116側の電極120と下基板118側の電極122（共に配向膜は図示せず）との間で基板面にほぼ垂直に配向している。線状突起126～130近傍の液晶分子は突起斜面上の不図示の配向膜面にほぼ垂直に配向し基板面に対して傾斜している。電極120、122間に電圧が印加されると、図73(b)に示すように、配向規制用の線状突起126～130近傍の液晶分子の傾斜方向に液晶の傾斜が順次伝播する。このため、線状突起と隣り合う線状突起の間の部分、すなわち、間隙部中央の液晶が傾斜し終わるまでには時差が生じる。特に、黒から暗い中間調への階調変化では印加電圧の変化量が少なく液晶中の電界強度の変化が小さいため、液晶分子の傾きの伝播速度は低下する。

【0021】線状突起126～130の間隙部にある液晶分子は、線状突起126～130からの傾斜方向の伝播がなければ倒れる方向が定まらない。すなわちMVA-LCDにおける液晶の配向は、図73(c)の斜線部132に示すように、基板表面上の配向膜の規制力が及ぶ配向膜界面近傍と、線状突起126～130上の配向膜及びその近傍における電界の歪みだけで規制され、他

8

の領域の液晶配向は間接的にしか制御されていないことになる。

【0022】従来のMVA構造であっても、上下基板の線状突起の間隙距離（ピッチ）を短くすれば応答時間を短くできる。しかしながら上述のように、通常のMVA-LCDでは、絶縁体の突起斜面で液晶の傾斜方位を定めているため、傾斜部はある程度の幅と長さ及び高さが必要である。このため、上下突起のピッチをあまり短くすることができない。

【0023】図75は、図73に示したMVA-LCDを下基板118側から見たときの電圧印加時の液晶分子の配向状態を示している。図中左右に延びる3本の線状突起126～130のうち、上下2本の突起126、128は下基板118に形成され、中央の1本の突起130は上基板116に形成されている。

【0024】電圧無印加時に基板116、118面にほぼ垂直に配向する液晶分子は、電圧印加時には、図75に示すように、上基板116側の線状突起130から下基板118側の線状突起128に向かう方向（紙面上方向）に配向する配向領域Aと、線状突起130から下基板118側の線状突起126に向かう方向（紙面下方向）に配向する配向領域Bとに配向分割される。

【0025】すなわち、電圧印加時において、線状突起130を挟んで隣り合う配向領域A、B上の液晶分子は、配向領域Aの液晶の長軸の方位が線状突起130の延伸方向に対して概ね+90°になり、配向領域Bの液晶の長軸の方位が線状突起130の延伸方向に対して概ね-90°になるように配向分割される。一方、各線状突起126～130の頂上付近の液晶分子は電圧印加時には各突起の延びる方向に傾斜し、各線状突起126～130の延伸方向に対して概ね0°または180°（平行）の配向方位になるように配向する。

【0026】このように、電圧印加時においては、線状突起126～130頂上付近の液晶分子の配向方位（各線状突起126～130の延伸方向に対して概ね0°または180°）に対し、基板116、118上の表示領域の液晶分子の配向方位は90°回転した状態となる。このため、各線状突起126～130の傾斜面の両側には、図75に示すように、各線状突起126～130の延伸方向に対して45°の方位に配向する液晶分子が並ぶことになる。ところが、図中直交する両矢印で示す偏光板の偏光軸P、Aは基板116、118上の表示領域A、Bの液晶分子の配向方位に対して45°傾くように配置されている。

【0027】従って、各線状突起126～130に対して45°の方位に配向する液晶分子の配向方位と偏光板の偏光軸P、Aの偏光方位とが平行及び直交になるため、図中破線で示すように、線状突起126～130の傾斜面の両側に2本の暗線（ディスクリネーションライン）140、142が発生する。なお、この2本の暗線

(6)

9

140、142は、線状突起126～130上に形成される配向ベクトル場の第1特異点(図中(+1)で示す)及び第2特異点(図中(-1)で示す)間毎に形成される。第1特異点(+1)では、液晶分子の長軸の方位がほぼ同一点に向いており、第2特異点(-1)では、液晶分子の一部は異なる方向に向いている。

【0028】このような従来のMVA-LCDにおいて、上下突起のピッチを短くして突起の形成密度を高めることにより中間調の応答時間を短くしようとする、画素領域内の突起の専有面積が増加するだけでなく、突起両側に形成される2本の暗線140、142の形成密度も増加して透過率の低下が無視できない程度に大きくなってしまふ。従って、液晶の応答特性を改善するために線状突起の形成密度を高くすると透過率が低下してしまうという問題が生じる。このように、従来のMVA-LCDの構造では、液晶の応答特性の改善と透過率の改善とはトレードオフの関係になってしまうという問題を有している。

【0029】本発明の目的は、透過率の低下を抑えて応答特性を改善した液晶表示装置を提供することにある。本発明の目的は、応答特性の低下を抑えて透過率を向上させた液晶表示装置を提供することにある。

【0030】

【課題を解決するための手段】上記目的は、所定のセルギャップで対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に形成された垂直配向膜と、前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層と、少なくとも前記一对の基板の一方に配置され、電圧印加時において前記液晶層中の全体的な液晶分子の配向方向を規制する配向規制用構造物と、前記液晶層中に設けられ前記液晶分子を傾斜させる液晶骨格を備えた硬化物とを有することを特徴とする液晶表示装置によって達成される。

【0031】

【発明の実施の形態】〔第1の実施の形態〕本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置を図1乃至図7を用いて説明する。本実施形態では、上述のMVA方式に代表されるような、局所的な配向規制により電圧印加時に液晶分子全体の配向を規制する液晶表示装置において、電圧印加による応答動作時の液晶分子の傾斜の伝播過程を排し、表示領域全体を同時に傾斜させる点に特徴を有している。加えて、電界に対する液晶分子の応答性自体も向上させることにより、全階調において極めて高速な応答特性を示す液晶表示装置を提供する。

【0032】MVA方式等における応答速度を改善するためには、液晶分子の傾斜伝播に要する時間をゼロにし、表示領域全面を同時に傾斜させることが必要不可欠である。この全面同時傾斜を実現させるためには、電圧無印加状態において、液晶分子に全面に亘り基板界面に対するごくわずかな傾斜角(いわゆるプレチルト角)を付与することが有効である。

10

【0033】本実施の形態による動作原理を図1に示す。鋭意試行の結果、全面同時傾斜による大幅な応答速度の高速化は、図1(a)に示すように、液晶骨格を有する光硬化性組成物による光硬化物を液晶層中に形成し、且つ当該液晶骨格を基板に対して傾斜させた状態で形成することで実現できることを見出した。図1(b)に示すように、液晶骨格を配向膜による配向制御方向と異なる角度で固定し、液晶骨格と液晶分子の間の吸着力により、液晶分子は全面に亘り配向膜による配向制御方向よりも液晶骨格の配向方向側に傾斜して配向する。

【0034】この傾斜の大きさは、液晶骨格の液晶量に対する割合と液晶骨格の配向方向とにより任意に変えることができる。またこのとき、バルクを含めた全体の液晶分子に対して液晶骨格の配向方向への引力が存在しているため、ラビング等により界面近傍だけで傾斜配向している状態よりも高速なスイッチングが可能となる。

【0035】この作用に関しては、液晶骨格を有さない高分子によってもある程度は実現可能である。しかし、液晶分子の配向状態を乱すことなく、且つ数wt%程度の添加量でパネル内の液晶分子に均一にプレチルト角を付与した状態とするためには、硬化前に液晶性を示す材料が望ましい。ホストである液晶に混ざり易く均一に分布させることができ、且つ硬化時の構造形成が液晶分子の配向を乱しにくい、良好なプレチルト角を得ることができる。

【0036】このような高分子材料を用いて液晶にプレチルト角を付与する技術は、MVA方式に限らず他の既存の動作方式(動作モード)にも適用可能である。しかし、本実施の形態における液晶にプレチルト角を付与する技術を適用して大きな効果が得られる動作モードは限定されることが分かった。

【0037】図2は、高分子材料を用いたプレチルト角付与技術による各動作モードの主な改善効果を示している。図2に示すように、TN型、a-TN型、ECB型、及びIPS型の各動作モードは、本実施形態を適用することにより電圧印加時の応答速度の改善効果が得られる。しかし一方で、TN型及びa-TN型では旋光性及びコントラストの低下を招いてしまう。

【0038】また、TN型、a-TN型、ECB型、及びIPS型ではa-TN型を除いていずれの動作モードも界面全体に配向処理を行う必要がある。この界面配向処理による液晶分子の配向規制能力は極めて高く、チルト角などの制御性も極めて優れている。しかしながら、この界面配向処理によりパネル製造工程が1工程増加するのに加えて本実施形態の高分子材料を用いたプレチルト角付与技術を実現させるには、さらにポリマー構造形成プロセスが追加される。また、ネマティック液晶を用いた水平配向モード、特に水平配向時を黒とする動作モードにおいては、液晶分子の配向秩序のわずかな乱れやチルトの変化が大きく表示品質に影響してしまう。以上

11

の点を考慮すると、TN型、ECB型、及びIPS型に対して本実施形態を適用しても利点は少ないと考えられる。

【0039】OCBモードは、高速応答・広視野角が得られる点に特徴を有しているが、ベンド配向を形成するために高い駆動電圧が要求され、電源を切った後の電源再投入時は再配向させなくてはならない欠点がある。高分子材料によるプレチルト角付与技術はベンド配向を固定化できるため、この欠点を改善できる。しかし、そのためには高分子材料を高い濃度で添加する必要がある、その結果、透過光の散乱が発生し透過率が低下してしまう。また液晶分子の空間内の自由度が低下し、応答速度が低下してしまう。

【0040】FLCはネマティック液晶と比較して1000倍程度高速な動作が可能であるが、双安定性を有するため、中間調表示が難しいという欠点がある。また、通常使用するSmC\*層ではシェブロン層構造をとるためにジグザグ配向欠陥が生じ易いという問題も有している。これらについても高分子中の液晶骨格との相互作用を利用して改善することが可能である。しかし、その相互作用によりチルト角が減少すると共に、応答速度の低下も招いてしまう。また、もともと配向制御が困難であるFLCでさらに均一な配向が得難くなってしまいう問題も生じる。

【0041】以上説明した動作モードと異なり、垂直配向型ASMおよびMVAモードは、基板表面に局所的に設けた配向規制用構造物により傾斜方向を規定する。そのため、ラビング等の界面配向処理プロセスが不要である。また、電圧無印加状態で界面からバルクまで純粋に垂直配向して黒表示を行う。このため、TNモードその他の水平配向モードと比較して、本実施形態によりポリマー構造を形成して配向秩序が乱れたとしても、屈折率異方性の変化によるコントラストの低下は極めて小さい。

【0042】しかし、ASMモードはMVAモードと異なり、分割されたどの表示領域においても基板面方向に傾斜しているとき、上下基板間で90°程度ねじれた配向状態をとる。そのため、MVAモードと異なり、上述のTNモードと同様に、プレチルト角付与時にねじれ(ツイスト)状態が乱されるという問題を有している。従って、添加量及びバルクに付加するチルト角等に制約が多く、高分子によるプレチルト角付与の効果を最大限に発揮させるのは困難である。また、ツイスト変形が傾斜時に生じること自体も高速応答を妨げている。

【0043】以上、光硬化物によるプレチルト角付与技術は、以下の条件を満たすMVAモード等に適用して、唯一最大の効果を発揮することができる。

1. 基板表面に局所的に設けた配向規制用構造物により全体の液晶分子の傾斜方向を規定し、液晶分子の傾斜の伝播により応答動作を行う；

(7)

12

2. ネマティック相からなり、ツイスト変形が無く、単純に基板面方向に一軸方向に傾斜する。

【0044】MVAモードのように配向規制用構造物が線状突起等の場合、配向規制用構造物上の液晶分子は線状突起の延伸方向に傾斜する。突起状の液晶分子の傾斜方向が突起延伸方向で180°異なる個所は配向の特異点となる。各ドメイン内の液晶分子を配向規制用構造物の延伸方向に対して垂直方向に傾斜させる場合、図7.5に示したように特異点の影響が強くと表示領域の配向方向が配向規制用構造物の延伸方向にずれてしまう。このような状態で光硬化物を硬化させてしまうと、ポリマー構造が配向の乱れを重畳するように形成され、コントラストの低下と共に、表示のざらつきが生じる。

【0045】これを解決するためには、第1に、配向規制用構造物上の液晶分子の傾斜角が小さく、配向規制用構造物上の液晶分子と間隙部の液晶分子の間で生じる変形を、極角方向寄りのスプレイ変形として光硬化物を硬化すればよい。すなわち、配向規制用構造物上の液晶分子の傾斜角度を $\theta_{pr}$ としたとき、

$$0^\circ \leq \theta_{pr} < 45^\circ$$

を満たす状態で光硬化物を硬化することにより、良好な配向状態が得られる。

【0046】第2に、配向規制用構造物上の液晶分子の傾斜方向が常に一定方向となるようにし、特異点の発生を抑制すればよい。すなわち、配向規制用構造物を境界として分割された領域間の液晶分子の傾斜時における方位角方向のなす角が180°とならないような構造であれば、エネルギー的に安定な1方向に配向方向が規定され、間隙部の配向方向を乱す特異点の発生が抑制される。このとき、透過率の点から領域間の液晶分子の傾斜時における方位角方向のなす角は90°であることが望ましい。

【0047】第3に、表示領域の傾斜方向(伝播方向)を大まかに規定する配向規制用構造物の他に、傾斜時の方位角方向の乱れを抑える補助的な配向制御因子を加えればよい。従来のMVA方式では、例えば複数の線状突起を平行に配置し、突起間の間隙部の液晶分子を傾斜の伝播により突起の延伸方向と垂直な方向に傾斜させるようにしている。従って、特異点等が発生して突起エッジ近傍の方位角がずれたままに傾斜状態が伝播してしまう。従って、突起間の間隙部に補助的に方位角を上記延伸方向と垂直な方向に規定する配向制御因子を設ければ、配向規制用構造物上の配向状態の影響に左右されずに表示領域において良好な配向状態を得ることができる。

【0048】本実施形態を用いることにより、応答動作時における液晶分子の傾斜の伝播過程を排し表示領域全体を同時に傾斜させることができる。また、電界に対する液晶分子の応答性も向上させることができる。特に、配向膜にラビング等の配向処理が施されておらず、電圧

13

印加時における全体的な液晶分子の配向を局所的に設けた配向規制用構造物により規定する液晶表示装置において、極めて高速な応答特性が実現可能となる。

【0049】以下、具体的に実施例を用いて説明する。

(実施例1-1) 負の誘電率異方性を有する液晶材料Aに大日本インキ(株)製の液晶性モノアクリレートモノマーUCL-001-K1を2.5wt%添加してMVAセルに注入後、電圧を5.0V印加しながら紫外線により硬化させた。ここで、配向膜にはポリアミック酸材料の垂直配向膜材料Xを用い、上下基板にはシプレイ(株)製のレジストLC-200により高さ1.5μm、幅10μmの土手(突起)を間隔37.5μmとなるよう交互に設け、セルギャップは4.0μmとした。駆動モードはノーマリブラックである。

【0050】本実施例による応答速度の測定結果を図3に示す。横軸は印加電圧0Vから所定電圧を印加した透過率(%)を表しており、縦軸は応答速度(ms;ミリ秒)を表している。折れ線αは、液晶中に光硬化物を添加していない場合で、折れ線βは、光硬化物を上記の如く2.5wt%添加した場合を示している。光硬化物を添加していないセルと比較して2倍を大幅に超える改善が得られている。また、暗状態の透過率を大塚電子(株)製の輝度計LCD-7000で測定したところ0.017%であり、光硬化物を添加していない場合とほとんど変わらない値が得られた。

【0051】(比較例1-1) 正の誘電率異方性を有する液晶材料Pに大日本インキ(株)製の液晶性モノアクリレートモノマーUCL-001-K1を2.5wt%添加してTN液晶セルに注入後、5.0Vの電圧を印加しながら紫外線により硬化させた。ここで、配向膜にはポリイミド材料の水平配向膜材料Zを用い、上下基板には配向処理としてラビング処理を施している。駆動モードはノーマリホワイトである。セルギャップは4.0μmとした。このとき、実施例1-1と同様に暗状態の透過率を大塚電子(株)製の輝度計LCD-7000で測定したところ0.41%と実施例1-1で示したセルより20倍を超える透過率が観測された。また、暗状態の透過率が0.1%以下になるためには2V程度の印加で硬化させる必要があった。

【0052】本比較例での応答速度の測定結果を図4に示す。横軸は印加電圧(V)を表しており、縦軸は応答速度(ms)を表している。折れ線αは、液晶中に光硬化物を添加していない場合で、折れ線βは、光硬化物を上記の如く2.5wt%添加した場合を示している。応答速度の改善は2割程度であり実施例1-1と比較するとかなり低かった。

【0053】(実施例1-2) 実施例1-1のMVAセルにおいて、5.0Vの電圧印加時の配向状態を観察したところ、配向規制用構造物間の間隙部に図75に示すような、配向規制用構造物上に生じた特異点に起因する

(8)

14

配向の乱れが見られた。光硬化時の印加電圧と配向状態の変化を調べたところ、3Vの印加までは良好な配向が得られ、3.5V印加時から配向の乱れが目立ち始めた。

【0054】次に配向膜材料をポリアミック酸材料の垂直配向膜材料Yに変更して同様の実験を行ったところ、3.5V印加までは良好な配向が得られた。

【0055】これらのセルにおけるポリマー形成前における配向規制用構造物上の液晶分子の傾斜角と透過率

(印加電圧で示している)との関係を図5に示す。横軸は印加電圧(V)を表し、縦軸は傾斜角(deg)を表している。図中、折れ線αは、配向膜が垂直配向膜材料Xであり、折れ線βは配向膜が垂直配向膜材料Yである。図5から明らかなように、配向の乱れを生じさせるか否かの境界はおおよそ傾斜角45°であることが確認された。

【0056】(実施例1-3) 図6は本実施例によるMVAセルの概略構成を示している。図6(a)は基板面に向かって見た状態を示し、図6(b)は、図6(a)のA-A線で切断した断面を示している。本実施例のMVAセルは、表示領域の傾斜方向(伝播方向)を大まかに規定する配向規制用構造物4、6の他に、傾斜時の方位角方向の乱れを抑える補助的な配向制御因子5を追加した構造を有している。

【0057】図6において、所定のセルギャップで対向して貼り合わされた2枚のガラス基板1、2間に液晶層3が封止されている。対向する2枚の基板1、2の対向面にはそれぞれITOからなる透明電極(共に不図示)

が形成されている。基板1の透明電極上には、7.0μmピッチで平行に配置された複数の線状突起状の配向規制用構造物4が形成されている。一方、基板2の透明電極上には、配向規制用構造物4と同一のピッチで、配向規制用構造物4と半ピッチずれて配置された複数の線状突起状の配向規制用構造物6が形成されている。配向規制用構造物4、6の幅は10μmであり、高さは1.5μmである。

【0058】配向規制用構造物4間の間隙部には、高さ0.3μmの配向制御因子5が8μmピッチで隣接する配向規制用構造物4間に張り渡されている。液晶層3には、実施例1-1と同様の液晶性モノアクリレートモノマー混合液晶を入れ、5.0V印加しながら紫外線硬化させた。不図示の配向膜には垂直配向膜材料Xを用い、配向規制用構造物4、6及び配向制御因子5の形成材料は、全てシプレイ(株)製のレジストLC-200である。また、セルギャップは4.0μmである。

【0059】実施例1-1と同様に、主である1.5μmの配向規制用構造物4、6上に特異点が発生している状態で硬化したにもかかわらず、図75に示すような表示領域の配向乱れは生じていなかった。なお、配向規制用構造物4、6間の間隙部の液晶分子の傾斜方向は実施



15

例 1-1 と同様であった。

【0060】（実施例 1-4）図 7 は本実施例による MVA セルの概略構成を基板面に向かって見た状態を示している。図 7 において、所定のセルギャップで対向して貼り合わされた 2 枚のガラス基板 1、2 間に液晶層 3

（不図示）が封止されている。対向する 2 枚の基板 1、2 の対向面にはそれぞれ ITO からなる透明電極が形成されている。例えば基板 1 側の透明電極 7 には電極材料の一部を抜いたスリット部 8、9 が設けられている。長方形のセルの各対向辺の中点を結ぶ十字状で幅  $5\mu\text{m}$  のスリット部 8 が配向規制用構造物 4 として機能し、スリット部 8 から斜め  $45^\circ$  方向に延びて幅  $3\mu\text{m}$  のスリット部 9 がピッチ  $8\mu\text{m}$  で複数形成されており、これらが傾斜時の方位角方向の乱れを抑える補助的な配向制御因子として機能する。

【0061】この基板 1 と ITO がほぼ全面に形成された基板 2 と貼り合わせたセルを作製し、実施例 1-1 と同様の液晶性モノアクリレートモノマー混合液晶を封止して、 $5.0\text{V}$  の電圧を印加しながら紫外線硬化させた。配向膜には垂直配向膜材料 X を用いている。セルギャップは  $4.0\mu\text{m}$  である。

【0062】電圧印加時に間隙部の液晶分子は、細いスリット部 9 の延伸方向と平行な方向に傾斜しており、太いスリット部 8 を境に 4 つのドメインが形成される。このとき、スリット部 8 上には十字形状の中心部に特異点が 1 つできるだけ、他の個所に特異点は観察されなかった。紫外線による硬化後において、図 7 5 に示すような配向乱れは生じていなかった。

【0063】本実施形態を用いることにより、全階調において極めて高速な応答特性を良好な配向状態を維持したまま実現することが可能となる。

【0064】〔第 2 の実施の形態〕次に、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置を図 8 乃至図 1 8 を用いて説明する。本実施の形態は、突起状構造物あるいは透明電極のスリット部等の配向規制用構造物の延伸方向に対して液晶分子が  $0^\circ$  又は  $45^\circ$  方向に傾斜し、且つ光又は熱硬化による液晶骨格又は非液晶骨格により液晶分子の配向を規制する液晶表示装置に関する。

【0065】垂直配向型の LCD は、配向規制用構造物を利用した MVA-LCD が実用化されているが、突起状構造物周辺における液晶分子の配列の乱れに起因する光透過率の低下が問題となっている。この欠点を改善するため、日本国特許庁に出願された特許出願（特願 2000-60200 号）において特異点制御型液晶表示装置が提案されている。特異点制御部を形成して液晶の特異点の位置を制御することにより液晶分子の配向乱れを防止し、光透過率の低下を抑えている。実施例として十字型の突起あるいは電極スリット部等の特異点制御部が提案されている。また、光透過率を改善する他の方法として、透明電極に微細なスリット部を形成し、当該スリ

(9)

16

ット部に対して液晶分子を平行に傾斜させて配向乱れを防止し、光透過率の低下を防ぐ方法も提案されている。

【0066】しかしながら、上記の十字型の突起あるいは電極スリット部や、微細突起あるいは微細電極スリット部は、通常の MVA-LCD に比べて輝度は改善されるが、応答時間が著しく遅くなるという問題が生じる場合がある。以下に応答時間が遅くなる理由を説明する。

【0067】図 8 乃至図 1 3 は、配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示している。各図 (a)、(c) は、対向配置された 2 枚の基板 1、2 間に封止された液晶分子 10 の状態を基板面法線方向に切った断面で示している。各図 (b)、(d) は、基板面法線方向に沿って見た液晶分子 10 の状態を示している。また、各図 (a)、(b) は、基板 1、2 の対向面に形成された透明電極 11、12 間の電位差がゼロの電圧無印加状態を示し、各図 (c)、(d) は電圧印加状態を示している。

【0068】まず図 8 において、透明電極 12 には、スリット部 8 が形成されている。電極 11、12 間に電圧が印加されると、スリット部 8 近傍の液晶分子 10 が傾斜し始め、液晶分子 10 の傾斜が全体に広がっていく

（図 8 (c) 参照）。図 8 (d) に示すように、傾斜の方位はスリット部 8 の延伸方向にほぼ直交する。

【0069】同様に、図 9 において、透明電極 12 には、線状突起の配向規制用構造物 4 が形成されている。電極 11、12 間に電圧が印加されると、構造物 4 近傍の液晶分子 10 が傾斜し始め、液晶分子 10 の傾斜が全体に広がっていく（図 9 (c) 参照）。図 9 (d) に示すように、傾斜の方位は構造物 4 の延伸方向にほぼ直交する。

【0070】配向乱れを制御する十字型の突起あるいはスリット部、あるいは微細電極スリット部においては、隣り合った突起、あるいはスリット部間の距離が近い場合、傾斜した液晶分子がぶつかり合い、液晶分子の傾斜方向が変化していく。例えば、図 10 において、透明電極 12 には、スリット部 8 が形成されている。スリット部 8 に直交して透明電極 11 にスリット部 8' が形成されている。電極 11、12 間に電圧が印加されると、スリット部 8、8' 近傍の液晶分子 10 が傾斜し始め、液晶分子 10 の傾斜が全体に広がっていく（図 10 (c) 参照）。図 10 (d) に示すように、液晶分子 10 の傾斜の方位は、スリット部 8、8' の延伸方向に対し  $45^\circ$  方向になる。この傾斜方向の変化に時間を要するため、応答時間が著しく遅くなる。

【0071】同様に、図 11 において、透明電極 12 には、線状突起の構造物 4 が形成されている。構造物 4 に直交して透明電極 11 に線状突起の構造物 4' が形成されている。電極 11、12 間に電圧が印加されると、スリット部 8、8' 近傍の液晶分子 10 が傾斜し始め、液晶分子 10 の傾斜が全体に広がっていく（図 11 (c)

(10)

17

参照)。図 11 (d) に示すように、液晶分子 10 の傾斜の方位は、構造物 4、4' の延伸方向に対し  $45^\circ$  方向になる。この傾斜方向の変化に時間を要するため、応答時間が著しく遅くなる。

【0072】図 12 において、透明電極 12 には、微細スリット部 9 が形成されている。電極 11、12 間に電圧が印加されると、スリット部 9 近傍の液晶分子 10 が傾斜し始め、液晶分子 10 の傾斜が全体に広がっていく。図 12 (c) 及び図 12 (d) に示すように、傾斜の方位はスリット部 9 の延伸方向に平行になる。この傾斜方向の変化に時間を要するため、応答時間が著しく遅くなる。

【0073】同様に、図 13 において、透明電極 12 には、微細線状突起の配向制御因子 5 が形成されている。電極 11、12 間に電圧が印加されると、配向制御因子 5 近傍の液晶分子 10 が傾斜し始め、液晶分子 10 の傾斜が全体に広がっていく (図 13 (c) 参照)。図 13 (d) に示すように、傾斜の方位は配向制御因子 5 の延伸方向に平行になる。この傾斜方向の変化に時間を要するため、応答時間が著しく遅くなる。

【0074】また、広視野角を実現するため、異なる 2 方向に向く微細スリット部 9 や配向制御因子 5 を各画素内に設ける場合がある。この場合には、方向の異なる微細スリット部 9 や配向制御因子 5 の領域の境界において液晶分子が安定に配向するのに時間を要するため、応答時間が著しく遅くなる。

【0075】以上の問題点に対して、本実施の形態では、液晶組成物に光あるいは熱硬化性成分を混入して液晶パネルに注入し、一定の電圧印加の下で光あるいは熱を加えて、液晶中に光あるいは熱硬化性成分の硬化物で 3 次元構造を作り込むようにしている。

【0076】MVA-LCD では突起あるいは電極スリット部近傍を除くと液晶分子は垂直に配向している。従って、印加電圧が変化した瞬間は液晶分子の倒れる方向が定まらず何れの方角にも倒れることができない。これに対し突起あるいは電極スリット部を設けると、電圧印加と共に近傍の液晶分子が突起あるいは電極スリット部の延伸方向に垂直する方向に傾斜し始め、当該傾斜が順次隣接する液晶分子に伝播してドメイン内の液晶分子を同一方向に傾斜させる。

【0077】図 14 は、十字型の突起構造物 4 が一方の基板 1 に形成されている液晶パネルを基板面法線に沿って見た状態を示している。図 14 (a) は、電圧印加直後の状態を示している。構造物 4 近傍の液晶分子 10 は、構造物 4 の延伸方向に直交する方向に傾斜を開始するが (以下、伝播過程という)、 $90^\circ$  異なる 2 方向から液晶分子 10 の傾斜が伝播するため、結局、図 14 (b) に示すように、構造物 4 の延伸方向に対して  $45^\circ$  の方位に液晶が傾斜することになる (以下、再傾斜過程という)。この傾斜方向の変化に時間を要するため、

18

応答時間が著しく遅くなる。

【0078】以上図 8 乃至図 14 を用いて説明したように、液晶に電界が印加されてから、液晶分子 10 が一斉に最終的な方位に向かって最小の動きで応答するわけではないので応答速度が遅くなる。そこで、予めコントラストが低下しない程度に液晶分子 10 を電圧印加後の配列の方向に倒しておく。このことにより、伝播過程と再傾斜過程がなくなり、電圧印加後から液晶分子 10 が一斉に最終的な配列に向かって動くので応答時間を短くすることができる。なお、十分なコントラストを得るためこの傾斜角は基板 1、2 面から測って  $85^\circ$  以上の角度があることが望ましい。

【0079】予め液晶分子 10 を傾斜させる方法として、光硬化性あるいは熱硬化性のモノマーを液晶に添加し、当該モノマーの重合によって硬化物を形成する。予め 0.1 wt % (重量パーセント) から 3 wt % の光あるいは熱硬化型液晶又は非液晶樹脂成分を液晶に混入させて液晶パネルに注入し、一定の電圧を印加しながら、液晶パネルに光あるいは熱を加えて樹脂成分を硬化させる。液晶樹脂近傍の液晶分子 10 は電圧が印加された状態を記憶するので、前述のように応答時間を改善することができる。

【0080】微細電極スリット部 9 の場合、伝播過程はほとんどないが、異なる方向を向いたスリット部 9 の境界において、電圧印加直後は液晶分子 10 の傾斜方向は 2 方向が可能のため、液晶の配列が乱れる。最終的には 1 方向に安定するがこの再配列が応答時間を長くしている。予め光あるいは熱硬化型液晶樹脂により液晶配列の最終状態の方向に液晶分子 10 を傾けておけば、電圧印加直後における液晶分子 10 の配列の乱れを防ぎ、応答を改善することができる。

【0081】以下、具体的に実施例を用いて説明する。  
(実施例 2-1) 対角 15 インチサイズの XGA 液晶パネルを試作した。図 15 は、当該液晶パネルの 3 画素分を基板面法線に沿って見た状態を示している。例えば基板 1 側に不図示の TFT と透明電極 (画素電極) 7 を形成し、画素電極 7 上に所定ピッチで配置された格子状突起構造物 4 を形成する。対向する基板 2 側には遮光膜 13 及び不図示のカラーフィルタ及び対向電極を形成する。また、当該対向電極上に格子状突起構造物 4 と同一のピッチを有し、格子状突起構造物 4 と半ピッチずれて配置される格子状突起構造物 6 を形成する。

【0082】不図示の配向膜には垂直配向膜材料 X を用いている。構造物 4、6 はシプレイ (株) 製レジスト LC-200 により形成している。液晶は負の誘電率異方性を有する液晶材料 A に大日本インキ (株) 製の液晶物アクリレートモノマー UCL-001 を添加し、注入後電圧を印加しながら、紫外線を照射した。

【0083】一方、比較例として、液晶に光あるいは熱硬化性成分を添加しない液晶パネルを試作した。図 16

(11)

19

は本実施例の液晶パネルと比較例の液晶パネルとを比較するグラフである。横軸は透過率を表し、縦軸は応答時間 (ms) を表している。図中実線が本実施例による液晶パネルであり、破線は比較例にかかる液晶パネルである。図16から明らかなように、本実施例によれば、全ての透過率の範囲で短い応答時間が得られており応答特性は著しく改善された。

【0084】(実施例2-2) 対角15インチサイズのXGA液晶パネルを試作した。図17は、当該液晶パネルの3画素分を基板面法線に沿って見た状態を示している。例えば基板1側に不図示のTFTと透明電極(画素電極)7を形成し、画素電極7に図示のような微細スリット部9を形成する。対向する基板2側には遮光膜13及び不図示のカラーフィルタ及び対向電極を形成する。

【0085】不図示の配向膜には垂直配向膜材料Xを用いた。液晶は負の誘電率異方性を有する液晶材料Aに大日本インキ(株)製の液晶物アクリレートモノマーUC L-001を添加し、注入後電圧を印加しながら、紫外線を照射した。

【0086】一方、比較例として、液晶に光あるいは熱硬化性成分を添加しない液晶パネルを試作した。図18は本実施例の液晶パネルと比較例の液晶パネルとを比較するグラフである。横軸は透過率を表し、縦軸は応答時間 (ms) を表している。図中実線が本実施例による液晶パネルであり、破線は比較例にかかる液晶パネルである。図18から明らかなように、本実施例によれば、全ての透過率の範囲で短い応答時間が得られており応答特性は著しく改善された。

【0087】〔第3の実施の形態〕本発明の第3の実施の形態による液晶表示装置について図19乃至図22を用いて説明する。上記従来技術において既に説明したMVA-LCDの突起状構造物周辺における液晶分子の配列乱れに起因する光透過率の低下や、電圧印加時の突起状構造物より伝播される液晶分子の傾斜方向の規制が遅いことに起因する低い応答速度等を改善するため、液晶中にポリマー構造を形成して電圧印加状態で固化することにより液晶の傾斜方向を予め規制し、配向乱れの防止や高速化を実現する方法について第1及び第2の実施の形態で説明した。

【0088】第1及び第2の実施の形態による方法で配向乱れの防止や高速応答を実現するには、固化した後の液晶分子の傾斜角(平均プレチルト角; 基板法線方向に並ぶ液晶分子のプレチルト角の平均値; なお、プレチルト角は基板面から基板法線に向かって測った角度である)を小さくする必要がある。ところが平均プレチルト角を小さくすると電圧無印加時でも黒輝度が上がってしまい、MVA-LCDの最大の特徴の一つである高コントラストが実現できなくなる。

【0089】そこで、本実施の形態では、硬化物によるポリマー構造形成時に、液晶パネルの上からマスキング

20

を施し、特に必要な部分だけ部分的にプレチルト角の小さい低プレチルト領域として固化し、残りの領域は垂直配向のままとなるようにした。

【0090】配向乱れの生じる部分や突起状構造物上あるいはバスライン電極上のみを電圧印加状態で固化することにより、液晶の配向乱れを防止すると共に液晶分子の傾斜方向の伝播を円滑にすることができる。また、低プレチルト領域のセル全体面積に対する割合は小さく、また、殆どが遮光領域内に形成されるため、コントラストの低下は生じない。

【0091】また、低プレチルト領域を一定間隔で形成すると、当該領域による配向規制力が残りの高プレチルト領域にも伝播し、電圧印加時の高プレチルト領域の液晶分子の動きも円滑にすることができる。これにより、高コントラストを保持したままで、液晶の配向乱れの防止及び応答速度の高速化が実現できる。

【0092】以下、具体的実施例を用いて説明する。図19は本実施形態による液晶パネル構造を示す断面図である。所定のセルギャップで対向する一対の対向基板1、2の対向面に透明電極11、12が形成されている。透明電極11、12間には液晶が封止されている。透明電極12には複数のスリット部8(図では1本のみ図示している)が所定ピッチで形成されている。透明電極11上には複数の線状突起の配向規制用構造物4がスリット部8と同一ピッチで、且つスリット部8に対して半ピッチずれて形成されている。

【0093】配向規制用構造物4及びスリット部8近傍は、硬化物によるポリマー構造形成により低プレチルト領域14となり、残りの領域は液晶分子10がほぼ垂直配向を維持した高プレチルト領域15となる。このように、電圧無印加時においても低プレチルト領域14で液晶分子10を僅かに傾斜させておくと、電圧印加直後の液晶分子10の傾斜方向が予め決まっているため、当該傾斜の伝播は速く、且つ液晶分子の配向乱れを生じない。

【0094】次に、図19に示した液晶パネル構造における低プレチルト領域14と高プレチルト領域15の製造方法について図20を用いて説明する。図20(a)は液晶パネルに紫外光(UV光)を照射する際に用いるマスクMの一部平面を示している。マスクMの所定位置に開口Oが設けられている。図20(b)は、マスクMを用いてUV光を液晶パネルPに照射している状態を示している。

【0095】液晶パネルPには、光硬化樹脂として大日本インキ(株)製の液晶性アクリレートモノマーUC L-001の1wt%がホスト液晶に添加されている。液晶パネルPの液晶を挟む電極間に例えば6Vの電圧を印加して、位置合わせ済みのマスクMを介してUV照射した。マスクMの開口Oを通してUV光が液晶パネルPの所定位置に照射される。これにより、所定位置で低プレ

(12)

21

チルト領域14が形成される。

【0096】次いで、液晶を挟む電極間を短絡してから、図20(c)に示すように全面にUV照射する。これにより、図20(d)に示すように低プレチルト領域14以外に高プレチルト領域15が形成される。

【0097】図21は、本実施の形態による液晶パネル構造の他の例であって、隣接した2つの液晶セルを基板面に向かってみた状態を示している。例えば基板1側に不図示のTFTと画素電極7を形成する。対向する基板2側には遮光膜13及び不図示のカラーフィルタ及び対向電極を形成する。基板1、2間には光硬化性樹脂を含んだ液晶が封止されている。

【0098】光硬化物をUV光で固化する際に用いる不図示のフォトマスクMは、開口Oがストライプ状に形成されている。このマスクMを用いて液晶セルをUV照射することにより、図21に示すように、画素電極7の端辺に対して斜めに比較的細い幅で延びる低プレチルト領域14が形成される。低プレチルト領域14間に高プレチルト領域15が形成されている。

【0099】高プレチルト領域15の液晶分子は $89^\circ$ のプレチルト角を有している。低プレチルト領域14の液晶分子は、液晶に5Vの電圧を印加した状態でのUV照射により、 $85^\circ$ のプレチルト角となっている。この構造にすることにより、画素電極7と不図示の対向電極との間に電圧を印加すると、高プレチルト領域15の液晶分子が、低プレチルト領域14に予め規定された方向に円滑に動くため、高速動作が可能になると共に画素内構造物の凸凹や横電界等に起因する液晶の配向乱れが低減される。なお、高プレチルト領域15での平均プレチルト角は $88^\circ$ 以上が望ましく、低プレチルト領域14での平均プレチルト角は、 $45^\circ$ 以上 $88^\circ$ 以下であることが望ましい。

【0100】従来のMVA-LCDにおいて、黒から暗い中間調への階調変化では印加電圧の変化量が少なく、液晶中の電界強度の変化が小さいため、液晶分子の傾きの伝播速度は低下する。本実施形態によれば、この伝播速度の低下を改善する効果も期待できる。低プレチルト領域14は閾値電圧が低下するため、低電圧印加時は低プレチルト領域14が先に応答する。低プレチルト領域14の面積割合は小さいので、低プレチルト領域14がある程度明るくなっても全体輝度は低いままである。つまり全体としては低輝度状態だが、低プレチルト領域14は高速応答してある程度の高輝度になっている。このように、低プレチルト領域14の応答がセル全体の応答となるので低階調でも高速応答させることができるようになる。なお、 $88^\circ$ 以上の平均プレチルト角となる高プレチルト領域15の面積はセル全体の20%以上であることが望ましい。

【0101】図22は、本実施の形態による液晶パネル構造のさらに他の例と比較例とを示しており、液晶パネ

22

ルの2画素分を基板面法線に沿って見た状態を示している。例えば基板1側に不図示のTFTと画素電極7を形成し、画素電極7上に所定ピッチで配置された格子状突起構造物4を形成する。対向する基板2側には遮光膜13及び不図示のカラーフィルタ及び対向電極を形成する。また、当該対向電極上に格子状突起構造物4と同一のピッチを有し、格子状突起構造物4と半ピッチずれて配置される格子状突起構造物6を形成する。

【0102】比較のため図中左側に本実施形態のセルを作製し、右側には従来構造のセルを作製した。まず、右側の従来構造のセルにおいて、電圧無印加時では液晶分子は垂直配向している。電圧印加状態では液晶は格子状突起構造物4の突起の壁に垂直に配向しようとし、やがて格子と $45^\circ$ をなす方向に変化する。このため、格子状突起構造物4、6を有する構造は非常に応答速度が遅く、また液晶の配向乱れを生じ易い。

【0103】これに対し当該問題を改善したのが左側のセルであり、格子状突起構造物4、6周辺に低プレチルト領域14が形成されている。つまり、格子状突起構造物4、6で囲まれた各領域の周辺部に低プレチルト領域14が形成され、高プレチルト領域15を囲み込んでいる。そして、低プレチルト領域の液晶分子10は、格子の延伸方向に対して $45^\circ$ の方位で整列して傾斜している。これにより、電圧印加時には全面の液晶分子10が円滑に $45^\circ$ 方向に傾斜するので高速応答が可能になると共に液晶分子の配向乱れが防止される。また、電圧無印加時に傾斜している液晶分子10は、格子状突起構造物4、6近傍のみであるのでコントラストの低下も大幅に軽減される。

【0104】低プレチルト領域14は、上述のようにストライプ状もしくは格子状に分割されて形成されているだけでなく、高プレチルト領域（例えば平均プレチルト角が $88^\circ$ 以上）中に、低プレチルト領域が点在するように形成されていてもよい。

【0105】また、低プレチルト領域14は、線状突起や突起格子等の構造物4、6及びその近傍、あるいはスリット部8、9及びその近傍に限定的に形成するようにしてももちろんよい。

【0106】また、図示は省略したが、液晶パネルに形成されたゲートバスライン上やデータバスライン上、あるいは補助容量バスライン上に、低プレチルト領域14を形成してももちろんよい。

【0107】また、フォトマスクMは複数の透過率を有する複数の領域に分割されており、液晶パネルP全面に所定の電圧を加えた状態で所定の時間マスク露光を行うことにより、複数の平均プレチルト角を有する複数の領域を同時に得るようにしてももちろんよい。

【0108】また、液晶組成物に含まれる光硬化性モノマーの濃度は0.3wt%～3wt%であることが望ましい。

(13)

23

【0109】〔第4の実施の形態〕次に、本発明の第4の実施の形態による液晶表示装置を図23乃至図34を用いて説明する。MVA-LCDでは、配向分割を実現する配向規制用構造物の存在により、液晶セルに電圧を印加すると、複数の単方向配向領域（ドメイン）が形成される。ドメインごとに液晶方位が異なるため、その境界部（ドメインウォール）では、連続的な液晶方向の遷移が発生する。基板面内方向で液晶方位が回転する遷移（面内遷移）がある場合、上下基板にクロスニコルの関係で配置された偏光板の一方の偏光軸と一致する微小領域では、入射光は複屈折を受けないため暗表示となる。また、面内遷移では、ドメイン内方の液晶方位とドメインウォールの液晶方位が異なるため、ドメイン内方の液晶方位に理想方位からのズレ（以下、本実施形態では $\phi$ ブレという）が生じ、透過率のロスが発生する。

【0110】図23は従来のMVA-LCDの概略の断面構造を示している。図23は、対向基板1、2の対向面に電極11、12が形成され、電極11、12間に多数の液晶分子10からなる液晶層が形成されている状態を示している。基板1、2の外側にはそれぞれ2枚の偏光板（共に不図示）がクロスニコルに配置されている。電極12上には配向規制用構造物として例えば幅 $d=10\mu\text{m}$ で高さ $dh=1.2\mu\text{m}$ の線状突起4が形成されている。

【0111】この構成によれば、線状突起4の両側で液晶方位が $180^\circ$ 異なる2つのドメインが形成されるが、図示のようにドメインウォールで面内遷移が発生して、方位角（基板面に向かって見たときの液晶分子長軸の向く角度）が $45^\circ$ 方位となる液晶分子10a、10bが存在する。線状突起4の延伸方向（図中、紙面に垂直方向）を基準として $45^\circ$ 方位にクロスニコルに偏光板を配置した場合には、液晶分子10a、10b近傍は複屈折を生じないため暗表示となり、線状突起4の延伸方向の両側に通常2本の暗線が発生する。また、ドメイン内方の液晶分子10dの方位角とドメインウォールの液晶分子10cの方位角が $90^\circ$ 異なるため、ドメイン全体に $\phi$ ブレが生じて透過率ロスが発生する。このように、従来構造では、2本の暗線と $\phi$ ブレの存在による透過率の低下が、高輝度化を妨げる大きな要因となっている。

【0112】応答速度に関して、MVA-LCDは優れた特性を有している。しかし、唯一中間調の応答のみ遅いという問題がある。配向方向を規定する領域が、配向規制用構造物上のみであるため、ドメイン全体に亘って液晶傾斜の伝播が生じる。伝播速度は、配向規制用構造物上に生じる電界の勾配の大きさに依存する。よって、中間調では、配向規制体上の電界勾配が緩やかであるため伝播速度が小さく、結果として応答速度は遅くなる。

【0113】また、ドメイン内の $\phi$ ブレは、応答速度にも影響を及ぼす。ドメインウォールの配向規制用構造物

24

の延伸方向に傾いた液晶分子（例えば、図23の液晶分子10c $\sim$ 10a、あるいは10c $\sim$ 10b）により、ドメインの液晶分子10の方位角にズレが発生する。応答過程において、全ての液晶分子10が傾斜した時点では、任意のズレを持った領域が発生し混在するため、安定したドメイン群が形成される課程が発生する。結果として、全ての液晶分子10が傾斜する時間に加え、ドメイン内が安定する時間が必要となるので、応答は遅くなってしまふ。特に、急激な変化を伴う全黒から全白への応答は、一時的な $\phi$ ブレが発生し易い傾向にある。

【0114】図24は、従来のMVA-LCDの別の断面構造例を示している。図23に示した電極12上に形成された線状突起4に代えて、配向規制用構造物として電極12の電極材を抜いたスリット部8を設けた点以外は図23に示す構造と同一である。スリット部8は、線状構造物4と同様に機能し、図24に示すMVA-LCDも上述と同様の2本の暗線と $\phi$ ブレが生じる問題を有している。

【0115】本実施の形態では、暗線の狭小化と、 $\phi$ ブレの低減あるいは回避に有効であり、配向規制用構造物による電界勾配をより急峻にする配向規制用構造物を用いることにより、MVA-LCDの高輝度化、高速応答化を実現する。

【0116】以下、具体的に実施例を用いて説明する。

（実施例4-1）図25乃至図30に本実施形態の実施例を示す。図25に示すMVA-LCDは、配向規制用構造物を線状突起4に代えて線状突起16にした点を除き図23に示す構造と同様である。線状突起16は、延伸方向に沿って頂点近傍が複数の微細な凹凸部を有している。線状突起16の断面形状は、幅 $d=10\mu\text{m}$ で高さ $dh=2\mu\text{m}$ の土手形状の上部中央が凹んだ二山形状になっている。二山間の距離 $d1=3\mu\text{m}$ 、低部から二山間の谷間までの高さ $d2=1\mu\text{m}$ である。

【0117】図26に示すMVA-LCDは、配向規制用構造物をスリット部8に代えてスリット部17にした点を除き図24に示す構造と同様である。スリット部17は、延伸方向に微細なストライプ状電極18を有している。ストライプ状電極18は、スリット部幅 $d=10\mu\text{m}$ の中央に幅 $d3=2.5\mu\text{m}$ で形成されている。

【0118】線状突起16を $70\mu\text{m}$ ピッチで基板2の電極12上に形成し、全面に不図示の配向膜を $0.05\mu\text{m}$ の厚さに形成した。一方、ストライプ状電極18を有するスリット部17を $70\mu\text{m}$ ピッチで基板1の電極11上に形成し、全面に不図示の配向膜を $0.05\mu\text{m}$ の厚さに形成した。

【0119】次いで、上下基板1、2で線状突起16とスリット部17とが交互に半ピッチずれて配置されるように貼り合わせてから液晶を注入し、セルギャップ $4.0\mu\text{m}$ のMVAセルを作成した。線状突起16、配向膜、液晶分子10は、それぞれポジ型レジスト（S18

(14)

25

08; シプレイ・ファアー・イースト(株)製)、垂直配向膜材料X、負の誘電率異方性を有する液晶材料Aを用いた。

【0120】比較例として、図23に示す線状突起4が基板1側に所定ピッチで形成され、図24に示すスリット部8が線状突起4と半ピッチずれて基板2側に形成されたMVAセルを作成した。従来型MVAセルは、線状突起及びスリット部の断面形状を除いて、本実施例のMVAセルと同様の条件で作製されている。

【0121】図27及び図28は、本実施例によるMVAセルの一断面を模式的に表している。図中上下基板1、2は図示を省略している。図27左側の電極12上に線状突起16が配置され、右側にはスリット部17が配置されている。図28は、図27の構成において両電極11、12間に所定の電圧を印加したときの電圧分布を等電位線で示している。図から明らかなように、線状突起16上部で等電位線は中央に極大値を有しその左右で極小値を持つように変化している。同様にスリット部17下部で等電位線は中央に極小値を有しその左右で極大値を持つように変化している。すなわち、延伸方向に沿って頂点近傍が垂直方向に複数の微細な凹凸部を有す線状突起16及びスリット部17の頂上部には、ドメインウォールを挟む両ドメインに隣接して微小ドメインが局所的に形成される。

【0122】一方、図29及び図30は、比較例によるMVAセルの一断面を模式的に表している。図の構成は図27及び図28とそれぞれ同一である。図29左側の電極12上に線状突起4が配置され、右側にはスリット部8が配置されている。図30は、図29の構成において両電極11、12間に所定の電圧を印加したときの電圧分布を等電位線で示している。図から明らかなように、線状突起4上部及びスリット部8下部で等電位線は1つの極値を有するのみである。このように、線状突起4上部及びスリット部8下部での等電位線が極値を1つしか有さないため、図23及び図24に示したような180°の面内遷移が発生する。

【0123】これに対し、本実施の形態によれば、線状突起16頂上部の凹凸部あるいはスリット部17のストライプ状電極18により、線状突起16上あるいはスリット部17上には複数の微小ドメインが局所的に形成される。この微小ドメインは線状突起16上あるいはスリット部17上の液晶分子を延伸方向に沿って傾斜させるように機能する。従って、本実施の形態の構成によれば、線状突起16上あるいはスリット部17上の液晶分子には従来よりも強い配向規制力で延伸方向に沿って傾斜する。これにより、従来の180°の面内遷移が2つの90°の液晶方位角遷移に分割され、隣接ドメイン間の液晶方位角の角度差が小さくなる。結果として、ドメインウォールの遷移長は短くなり、暗線の狭小化が実現される。

26

【0124】なお、本実施の形態による配向規制用構造物としての線状突起16上部の凹凸の数、あるいはスリット部17のストライプ状電極18の数が多いほど、ドメイン間に形成される微小ドメインの配向規制力が強くなると共に、微小ドメインが隣接ドメインから受ける歪みが小さくなる。結果として、ドメインウォールの遷移長は、線状突起16上部の凹凸の数、あるいはスリット部17のストライプ状電極18の数が多いほどより短くなり、暗線のさらなる狭小化が実現される。

【0125】また、線状突起16やスリット部17の延伸方向に液晶分子が傾斜している微小ドメインの安定性が高まるため、一時的なφブレが軽微になり、より優れた応答特性が得られる。

【0126】本実施例のMVAセルによれば、比較例の従来MVAセルに対して透過率が10%以上改善し、暗線幅は比較例に対して20%以上細くなることが確認できた。また、応答特性に関しても、問題となっている中間調の応答が、比較例より10%以上速くなっていることが確認できた。

【0127】本実施例による構成をまとめると、所定のセルギャップで対向配置された一対の基板1、2と、一対の基板1、2の対向面にそれぞれ形成された電極11、12と、配向規制用構造物として、延伸方向に沿って頂上近傍に形成された凹凸部を備え電極11又は12上に配置される線状突起16と、電極11又は12の電極材の一部を抜いて形成され延伸方向にストライプ状電極18を備えたスリット部17との少なくともいずれか一方と、一対の基板1、2間に形成された垂直配向膜と、垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有している。

【0128】(実施例4-2) 図31乃至図33に本実施形態の実施例を示す。図31に示すMVA-LCDは、図24に示したMVA-LCDにおいて、従来のスリット部8直上の対向基板に導電性線状突起19を形成し、スリット部8及び導電性線状突起19の組合せにより配向規制用構造物を構成している。それ以外の構成は図24に示したMVA-LCDと同様である。導電性線状突起19の断面形状は、幅 $d=5\mu\text{m}$ で高さ $dh=2\mu\text{m}$ の一山の土手形状になっている。導電性線状突起19の稜線がほぼスリット部8の中央に位置するように両者は配置されている。

【0129】導電性線状突起19は、基板1、2上の電極11、12を形成する前に予め所定の幅及び高さを有する絶縁体の線状突起を形成し、次いで全面に電極材料を形成してパターンニングすることにより作製される。導電性線状突起19は70 $\mu\text{m}$ ピッチで基板1、2上に設けている。また、隣接する導電性線状突起19間のほぼ中央の電極11、12に抜き領域を形成してスリット部8を配置した。次いで、全面に不図示の配向膜を0.05 $\mu\text{m}$ の厚さに形成した。

(15)

27

【0130】次いで、一方の基板の導電性線状突起19と他方の基板のスリット部8とが対向するように両基板1、2を貼り合わせてから液晶を注入し、セルギャップ4、0 $\mu$ mのMVAセルを作成した。配向膜及び液晶材料は、実施例4-1と同一である。導電性線状突起19は、ポジ型レジストにより絶縁性構造物を作成した上に透明導電膜を形成することで作製した。

【0131】図32及び図33は、本実施例によるMVAセルの一断面を模式的に表している。図中上下基板1、2の図示は省略している。図32左側の電極12上にスリット部8が配置され、それに対向する位置に導電性線状突起19が形成されている。図32右側に示す構成については次の実施例で説明するのでここでは説明しない。図33左側は、図32の構成において両電極11、12間に所定の電圧を印加したときの電圧分布を等電位線で示している。図から明らかなように、導電性線状突起19とスリット部8とを直線的に結ぶ領域内では、上下基板1、2間に生じる電界がより弱くなる。従って、電極11、12間に電圧が印加されても、導電性線状突起19とスリット部8間に存在する液晶分子は、傾斜するだけの十分な電界がかからないため、導電性線状突起19及びスリット部8の延伸方向に沿って傾斜することなく垂直配向したままとなる。これにより、本実施例におけるドメインウォール近傍の液晶分子は、導電性線状突起19及びスリット部8の延伸方向にほぼ直交する面内で極角が順次変化する垂直遷移で傾斜する。つまり、ドメインウォールでの液晶遷移は、方位角が一定の状態、極角が0°から垂直に近づき、中央部の垂直に配向する液晶分子を経て、方位角が180°反転する変位となる。

【0132】従来スリット部構造と比較して、構造物上に発生する電界傾斜が急峻となり、構造物上の液晶分子は、面内遷移より垂直遷移の方がエネルギー的に安定となる。垂直遷移では、配向規制体の伸長方向を基準として45°方位にクロスニコルに偏光板を形成した場合、構造物上の暗線は2本から1本となる。これは、入射光の方位と液晶方位が一致する領域はなく、中央部の液晶が垂直になっている複屈折を受けない領域のみが暗線となるからである。また、線状突起の延伸方向に倒れる液晶分子が存在しないため、ドメイン全体の液晶方位は理想的な方位となり $\phi$ ブレが発生しない。結果として、ドメインウォール上の暗線が2本から1本になることで透過率ロスが低減すると共に、 $\phi$ ブレが回避され、高輝度化が実現される。また、電極スリット部と導電性構造物により配向規制用構造物上の電界勾配はより急峻になるため、ドメインの液晶傾斜の伝播速度が大きくなり、より優れた応答特性が得られる。

【0133】本実施例のMVAセルによれば、比較例の従来MVAセルに対して透過率が20%以上改善し、暗線幅は比較例に対して20%以上細くなることが確認で

28

きた。ドメインでの $\phi$ ブレも解消されており、比較例のドメインのみの透過率と比較して、10%以上透過率が改善されており、ほぼ理想的な値となっていることが確認できた。また、応答特性に関しても、問題となっている中間調の応答が、比較例より10%以上速くなっていることが確認できた。

【0134】(実施例4-3)図32乃至図34に本実施形態の実施例を示す。図34に示すMVA-LCDは、図31に示したMVA-LCDにおいて、スリット部8に代えて、図26に示したスリット部17を設けた点以外は図31に示したMVA-LCDと同様である。但し、スリット部17の幅dは、図26に示したものより長く、本実施例ではd=22.5 $\mu$ mであり、スリット部17中央部のストライプ状電極の幅d3=2.5 $\mu$ mである。

【0135】図32右側及び図33右側は、本実施例によるMVAセルの一断面を模式的に表している。電極11上にスリット部17が配置され、それに対向する位置に導電性線状突起19が形成されている。図33右側は、図32右側の構成において両電極11、12間に所定の電圧を印加したときの電圧分布を等電位線で示している。図から明らかなように、ドメインウォールの中心部、すなわち配向規制用構造物上の方が、両側のドメインよりも電界が強いため、スリット部17と導電性線状突起19との間の液晶分子10はドメイン内の液晶分子より大きく傾斜する。傾斜方向は、スリット部17のエッジと導電性線状突起19により生じる強い斜め電界により、図34に示すようにスリット部17及び導電性線状突起19の延伸方向に直交する面内で基板面にほぼ平行となる。ドメインウォールでの液晶遷移は、方位角が一定の状態、極角が徐々に傾斜し、中央部で最大の極角を経て、方位角が180°反転する変位(水平遷移)となる。従来のスリット部8と比較して、導電性線状突起19上に発生する電界傾斜が急峻となり、導電性線状突起19上の液晶分子10は、面内遷移より水平遷移の方がエネルギー的に安定となる。水平遷移では、配向規制用構造物の延伸方向を基準として45°方位にクロスニコルに偏光板を配置した場合、配向規制用構造物上の暗線は2本から0本となる。これは、入射光の方位と液晶方位が一致する領域はなく、中央部で垂直に配向する液晶分子10が存在せず、従って複屈折を受けない領域が存在しないためである。また、配向規制用構造物の延伸方向に倒れる液晶分子10が存在しないため、ドメイン全体の液晶方位は理想的となり $\phi$ ブレが発生しない。結果として、ドメインウォール上の暗線が2本から0本になることで透過率ロスが低減すると共に $\phi$ ブレが回避され、高輝度化が実現される。

【0136】また、スリット部17と導電性線状突起19との組合せによる配向規制用構造物は、応答特性を改善する作用を有している。ドメインウォール中心部の液



(16)

29

晶分子10は、ドメインよりも強い電界を受けるため、ドメインの液晶分子10以上に傾斜している。つまり、ドメインウォールでの一連の液晶配向遷移は、図34に示すように、スプレイ的な配向歪みを有している。従って、中間調においても、液晶傾斜の伝播速度を規定するドメインウォールで、液晶分子に対する電界勾配が急峻となるため、より優れた応答特性が得られる。また、黒表示時の印加電圧を0Vでなく所定の閾値以下の電圧に設定してドメインウォール部の液晶分子10を予め傾斜させておくことにより、ドメインウォール部の液晶分子は斜め方向に電界を受けるので、応答特性がより顕著に改善される。

\*

	従来例	実施例 4-1	実施例 4-2	実施例 4-3
液晶遷移	面内遷移	面内遷移	垂直遷移	水平遷移
透過率	1	1.1	1.2	1.3
ドメインのみの 透過率	1	1	1.1	1.1
ドメインの $\phi$ ブレ	あり	あり	なし	なし
暗線の幅	1	0.8	0.8	0
応答速度	1	0.9	0.9	0.5

【0139】以上説明したように本実施の形態によれば、暗線の狭小化と、 $\phi$ ブレの低減又は回避に有効な配向規制用構造物を用いることにより、MVA-LCDの高輝度化を実現すると共に応答特性を改善できる。

【0140】〔第5の実施の形態〕次に、本発明の第5の実施の形態による液晶表示装置について図35乃至図37を用いて説明する。本実施の形態は、上記第4の実施の形態における実施例4-3で図34を用いて説明した液晶表示装置の改良である。

【0141】水平遷移を実現する構造を備えた実施例4-3の液晶表示装置は、閾値電圧付近の低電圧域では効果が十分に得られない場合がある。閾値電圧以下では、ドメインウォール上の液晶分子10は、ドメイン内の液晶分子10より傾斜する方向性を与えられないため、不安定な状態となる。また、閾値電圧以上であっても、ドメイン内の液晶分子10がほとんど傾斜していない場合には同様に不安定状態となってしまう。不安定状態では、 $\phi$ ブレが生じる可能性が大きくなり、応答特性にも十分な改善効果が得られないといった問題が生じる。

【0142】また、図34に示す構造は、製造マージンが非常に狭いという欠点も存在する。上下基板1、2を貼り合わせる際の貼り合わせずれにより、上下それぞれに形成された配向規制用構造物（スリット部17及び導電性線状突起19）の位置ずれが生じると、隣接ドメイン間の釣り合いが崩れてしまい、理想の水平遷移からの

30

\*【0137】本実施例のMVAセルでは暗線が存在しないため、比較例の従来MVAセルに対して透過率が30%以上改善した。ドメインでの $\phi$ ブレも解消されており、比較例のドメインの透過率と比較して、10%以上透過率が改善されており、ほぼ理想的な値となっていることが確認できた。また、応答特性に関しても、問題となっている中間調の応答が、比較例の半分以上になっていることが確認できた。

【0138】以上の実施例による機能作用及び効果を従来例と対比して表1に示す。

【表1】

ずれが生じる。特に、 $\phi$ ブレが発生しやすくなり、高透過率化の効果が十分に得られないという問題が生じる。また、貼り合わせずれにより、隣接するドメイン間で $\phi$ ブレの大きさが異なってしまうと、表示むらが発生したり、所望の応答特性が得られなかったりするという問題が生じる。

【0143】本実施の形態では、貼り合わせずれが生じ難く、低電圧域でも安定した水平遷移を実現できる配向規制用構造物を用いることにより、製造マージンを狭めることなく、高輝度化、高速応答化を実現する。

【0144】以下、具体的に実施例を用いて説明する。

（実施例5-1）図35及び図36に本実施形態の実施例を示す。図35に示すMVA-LCDは、図34に示したMVA-LCDにおいて、導電性線状突起19を導電性線状突起20に代えた点以外は、図34に示したMVA-LCDと同様の形状を有している。但し、スリット部17の幅dは、図26に示したものより長く、本実施例では $d=22.5\mu\text{m}$ であり、スリット部17中央部のストライプ状電極の幅 $d_3=2.5\mu\text{m}$ である。

【0145】導電性線状突起20は、パターンニングされたノボラック系やアクリル系等の感光性樹脂上に透明導電膜を形成したものである。図36は導電性線状突起20先端部を延伸方向に直交する方向から見た状態を示している。図36に示すように、導電性線状突起20の頂点近傍に延伸方向に凹凸が繰り返された凹凸部21が形



(17)

31

成されている。凹凸部21の幅(周期)は $d_4 = 6.0 \mu\text{m}$ であり、高さ(高低差)は $d_5 = 0.3 \mu\text{m}$ である。凹凸部21は、上記感光性樹脂をポストバークした後、約 $5000 \text{ mJ/cm}^2$  ( $\lambda = 254 \text{ nm}$ )の照射エネルギーで紫外線を照射して生じる熱収縮を利用して形成した。

【0146】導電性線状突起20の頂上部に設けられた凹凸部21は、導電性線状突起20の延伸方向に直交する方向に延伸する複数の微細線状突起とみなすことができる。このため微細線状突起近傍の液晶分子10は、微細線状突起の延伸方向に沿って整列する。

【0147】従って、本実施例の配向規制用構造物(スリット部17と導電性線状突起20の組合せ)を用いることにより、低電圧域においても導電性線状突起20の凹凸部21により、ドメインウォールの液晶分子10に、延伸方向に対して直交方向に方向性を持たせることが可能となる。これにより従来構造で生じ易い $\phi$ ブレを回避・低減することが可能となり、透過率と共に応答特性も改善する。また、ドメインウォールに新たな配向規制力が働くため、貼り合わせずれによって生じる $\phi$ ブレも低減することが可能となる。従って、本配向分割構造を適用することにより、広い製造マージンが確保できると共に、透過率、応答特性がより顕著に改善される。

【0148】比較例として図34に示したMVAセルを作成した。当該MVAセルは、導電性線状突起19を有している点を除き本実施例のMVAセルと同様の構造である。また、本実施例、比較例とも、貼り合わせずれに対するマージンを確認するため、貼り合わせをずらしたセルも作製した。配向観察の結果、本実施例のMVAセルによれば、低電圧域で発生していた $\phi$ ブレを比較例よりも少なくすることができ、より良好な透過率特性及び応答特性が得られた。また、貼り合わせずれが生じた際に発生する $\phi$ ブレの大きさも低減していることが確認できた。

【0149】(実施例5-2)図37に本実施形態の実施例を示す。図37に示すMVA-LCDは、図35に示したMVA-LCDにおいて基板1上に導電性線状突起20を形成せず、基板1、2上にスリット部17を $70 \mu\text{m}$ ピッチで形成している。そして、ストライプ状電極18を含むスリット部17以外の領域の電極12上に厚さ $d_6 = 0.5 \mu\text{m}$ のポジ型レジストの誘電体層22を形成し、その上に厚さ $0.05 \mu\text{m}$ の垂直配向膜(不図示)を形成している。上下基板1、2でスリット部17が交互に配置するように貼り合わせ、液晶を注入してセルギャップ $4.0 \mu\text{m}$ のMVAセルを作成した。

【0150】本実施例の配向規制用構造物を用いることにより、貼り合わせずれによる問題が生じない水平遷移の配向分割を実現できる。対向する2つの配向規制用構造物のずれをなくして基板を貼り合わせる工程が簡略化できるため、高い製造歩留まりが得られる。配向観察の

32

結果、本実施例のMVAセルは、低電圧域以外では、 $\phi$ ブレは発生しておらず、比較例で発生する貼り合わせずれによる $\phi$ ブレを防止することが確認できた。

【0151】以上説明したように、基板の貼り合わせずれが生じても、エネルギー的に安定した水平遷移を実現する配向規制用構造物を用いることにより、MVA-LCDの製造マージンを狭めることなく、高輝度化、高速応答化が実現可能となる。

【0152】〔第6の実施の形態〕次に、本発明の第6の実施の形態による液晶表示装置を図38乃至図43を用いて説明する。本実施の形態による液晶表示装置は、絶縁性の線状突起が配向規制用構造物として配置されたMVA-LCDであって、線状突起上に電極が形成されている点に特徴を有している。また、線状突起上の電極には、対向基板側電極との電位差が小さくなるような電位が印加される。例えば、対向電極電位と同電位が印加される。こうすることにより、両基板の電極間に電圧が印加されても、線状突起上の液晶分子は、線状突起の延伸方向に沿って傾斜することなく直立する。これにより、ドメインウォール近傍の液晶分子は、線状突起の延伸方向にほぼ直交する面で極角が順次変化する垂直遷移で傾斜する。つまり、ドメインウォールでの液晶遷移は、方位角が一定の状態、極角が $0^\circ$ から垂直に近づき、中央部の垂直に配向する液晶分子を経て、方位角が $180^\circ$ 反転する変位となる。

【0153】以下、具体的実施例を用いて説明する。

(実施例6-1)図38は本実施例による液晶パネル構造を示す断面図である。図38(a)はパネル面法線に沿って切断したパネル断面を示し、図38(b)は、パネル面法線に沿って見た状態を示している。所定のセルギャップで対向する一対の対向基板1、2の対向面に透明電極11、12が形成されている。透明電極11、12間には多数の液晶分子10を含む液晶層が封止されている。透明電極12には複数の線状突起4が所定ピッチで形成されている。透明電極11上には複数の線状突起6が線状突起4と同一ピッチで、且つ線状突起4に対して半ピッチずれて形成されている。基板1、2の外側にはそれぞれ2枚の偏光板(共に不図示)がクロスニコルに配置されている。セルギャップは $4 \mu\text{m}$ 、線状突起4、6の高さは $1.5 \mu\text{m}$ 、幅は $10 \mu\text{m}$ 、間隙(ピッチ)は $25 \mu\text{m}$ である。

【0154】線状突起4、6のそれぞれの頂上部には、電極22、23が形成されている。線状突起4上の電極22には対向する電極11に印加される電位と同電位が印加されるようになっている。線状突起6上の電極23には対向する電極12に印加される電位と同電位が印加されるようになっている。

【0155】例えば、基板1の電極11に $0 \text{ V}$ が印加され基板2の電極12に $+5 \text{ V}$ が印加されると、配向規制用構造物である線状突起4、6の作用により液晶層内に

(18)

33

生じる電界強度の歪みに従い液晶分子10は傾斜する。ところが、各線状突起4、6上の電極22、23の電位は対向電極電位と同電位になっているため、各線状突起4、6上には電圧無印加状態と同様の状態が維持される。このため、各線状突起4、6上の液晶分子10は傾斜しないで垂直に起立している。これにより、ドメインウォール近傍の液晶分子10は、線状突起4、6の延伸方向にほぼ直交する面で極角が順次変化する垂直遷移で傾斜する。本実施例により、パネル透過率が5.2%で、黒から25%グレーの応答速度が77 (ms) のパネル特性が得られた。

【0156】(実施例6-2) 図39は本実施例による液晶パネル構造を示す断面図である。図39に示す液晶パネルは、図38に示す実施例6-1の液晶パネルから線状突起6上の電極23を取り除いた点以外は実施例6-1の液晶パネルと同一である。

【0157】例えば、基板1の電極11に0Vが印加され基板2の電極12に+5Vが印加されると、配向規制用構造物である線状突起4、6の作用により液晶層内に生じる電界強度の歪みに従い液晶分子10は傾斜する。ところが、各線状突起4上の電極22の電位は対向電極電位と同電位になっているため、各線状突起4上には電圧無印加状態と同様の状態が維持される。このため、各線状突起4上の液晶分子10は傾斜しないで垂直に起立している。但し、各線状突起6上の液晶分子10は傾斜しているので、ドメインウォール近傍の液晶分子10は、実施例6-1程ではないが垂直遷移に近い状態で傾斜する。本実施例により、パネル透過率が5.0%で、黒から25%グレーの応答速度が10.5 (ms) のパネル特性が得られた。

【0158】(実施例6-3) 図40は本実施例による液晶パネル構造を示す断面図である。図40に示す液晶パネルは、図38に示す実施例6-1の液晶パネルの線状突起4に代えて、スリット部8を設けた点以外は実施例6-1の液晶パネルと同一である(但し、スリット幅は10 μmである)。

【0159】例えば、基板1の電極11に0Vが印加され基板2の電極12に+5Vが印加されると、配向規制用構造物である線状突起6及びスリット部8の作用により液晶層内に生じる電界強度の歪みに従い液晶分子10は傾斜する。ところが、各線状突起6上の電極23の電位は対向電極電位と同電位になっているため、各線状突起6上には電圧無印加状態と同様の状態が維持される。このため、各線状突起6上の液晶分子10は傾斜しないで垂直に起立している。但し、各スリット部8上の液晶分子10は傾斜しているので、ドメインウォール近傍の液晶分子10は、実施例6-1程ではないが垂直遷移に近い状態で傾斜する。本実施例により、パネル透過率が5.0%で、黒から25%グレーの応答速度が110 (ms) のパネル特性が得られた。

34

【0160】(実施例6-4) 図41は本実施例による液晶パネル構造を示す断面図である。図41に示す液晶パネルは、電極11上に所定ピッチで線状突起6が形成され、電極12上には、線状突起6の対向位置にそれぞれ線状突起4が形成されている。線状突起4上の電極22は一つおきに形成され、それと半ピッチずれて線状突起6上には一つおきに電極23が形成されている。その他の構成は図38に示す実施例6-1の液晶パネルと同一である。

【0161】線状突起4上の電極22には電極12に印加される電位と同電位が印加されるようになっている。線状突起6上の電極23には電極11に印加される電位と同電位が印加されるようになっている。つまり、電極を頂上部に有さない配向規制用構造物である線状突起4、6の対向側に電極を備えた導電性線状突起を配置した構成になっている。

【0162】例えば、基板1の電極11に0Vが印加され基板2の電極12に+5Vが印加されると、導電性線状突起として機能する線状突起6の電極23には0Vが印加され、導電性線状突起として機能する線状突起4の電極22には+5Vが印加される。こうすることにより、配向規制力が強くなり表示の応答速度を向上させることができるようになる。本実施例により、パネル透過率が4.8%で、黒から25%グレーの応答速度が90 (ms) のパネル特性が得られた。

【0163】(実施例6-5) 図42は本実施例による液晶パネル構造を示す断面図である。図42に示す液晶パネルには、電極11上に所定ピッチで線状突起6が形成され、当該ピッチと同一で線状突起6と半ピッチずれて導電性線状突起24が形成されている。導電性線状突起24は、先に形成しておいた誘電体突起上に電極11を積層して形成される。

【0164】また、電極12上に線状突起6と同一ピッチで線状突起4が形成され、当該ピッチと同一で線状突起4と半ピッチずれて導電性線状突起25が形成されている。導電性線状突起25は、先に形成しておいた誘電体突起上に電極12を積層して形成される。線状突起6と導電性線状突起25とが対向し、線状突起4と導電性線状突起24とが対向するように基板1、2は貼り合わされている。その他の構成は図38に示す実施例6-1の液晶パネルと同一である。

【0165】本実施例の動作は実施例6-4と同一であるので説明は省略する。本実施例により、パネル透過率が4.8%で、黒から25%グレーの応答速度が90 (ms) のパネル特性が得られた。

【0166】(実施例6-6) 図43は本実施例による液晶パネル構造を示す断面図である。図43に示す液晶表示装置は、図42に示した実施例6-5の構成において、導電性線状突起24、25の延伸方向に直交する断面の形状が異なっている点以外は、図42に示す構成と

(19)

35

同一である。本実施例における導電性線状突起24、25の延伸方向に直交する断面の形状は上辺が下辺より長く、導電性線状突起24、25の上面の面積は、当該突起が配置されている画素電極に接している面積より大きいことを特徴とする。こうすることにより、突起による配向方向がより安定になり表示の応答速度をさらに向上させることができる。なお、導電性線状突起24、25はネガ型感光性材料を用いてオーバー露光することにより形成できる。

【0167】また、導電性線状突起24、25は、例えばカラーフィルタ形成時にカラーフィルタ層を重ねて形成し、その上に透明電極を形成することにより形成でき\*

36

\*る。従って、製造工程の増加を生じさせずに導電性線状突起24、25を形成できる。本実施例により、パネル透過率が4.8%で、黒から25%グレーの応答速度が70 (ms) のパネル特性が得られた。

【0168】(従来例) 対向基板に線状突起が半ピッチずれて形成された従来のMVA-LCDを作製した。セルギャップ等のパネル構造パラメータは実施例6-1と同様である。パネル透過率は4.8%であった。黒から25%グレーの応答速度は120 (ms) であった。

【0169】以上の実施例による機能作用及び効果を従来例と対比して表2に示す。

【表2】

	従来例	実施例 6-1	実施例 6-2	実施例 6-3	実施例 6-4	実施例 6-5	実施例 6-6
パネル透過率 (%)	4.8	5.2	5.0	5.0	4.8	4.8	4.8
中間調 応答時間 (ms)	120	77	105	110	90	90	70

【0170】〔第7の実施の形態〕次に、本発明の第7の実施の形態による液晶表示装置を図44乃至図54を用いて説明する。MVA-LCDの応答特性を改善するため、構造物やスリット部の液晶配向方位と間隙部の液晶配向方位とを45°異ならせる方式が提案されている。この方式は、例えば図44に示すように上下基板に格子状の配向規制用構造物4、6を形成し、さらに上下基板の構造物4、6が互いに半ピッチずれるように配置し、構造物4、6の高さを従来のMVA-LCDの1/2程度まで低くすることで実現できる。上下基板を挟む2枚の偏光板はクロスニコルであって、両偏光軸が構造物4、6の延伸方向に直交又は平行になるように配置する。こうすることにより、ドメイン内の液晶配向方位と配向規制用構造物上の液晶配向方位とのずれを従来のMVA-LCDよりも少なくできる。このため、液晶分子のドメイン内での理想方位からのずれが少なくなると共に暗線を1本にでき、透過率が改善できる。

【0171】しかしながらこの方式では、従来型よりも透過率が改善できるものの応答速度が遅くなるという問題が発生した。そこで高速度カメラを用いてセルの応答状態を観察した。図45乃至図47の(A)列は電圧印加後の所定時間経過後のセルの応答状態の結果を示している。図45乃至図47において、各図は図44に示した配向規制用構造物4、6により区画された複数のドメインを示している。図45(A)の(a)、(b)、

(c)は順に電圧印加開始から0ms、12ms、16ms経過後の状態を示し、図46(A)の(a)、

(b)、(c)、(d)は順に20ms、40ms、1

00ms、200ms経過後の状態を示し、図47

(A)の(a)、(b)、(c)は順に400ms、500ms、700ms経過後の状態を示している。この観察結果により、応答の遅い要因を以下の3要因に把握することができた。

【0172】1. (図46(A)の(a)問題点2参照) 応答初期において間隙中央部に複雑な光学模様が現われ、時間の経過と共にその周囲の明るさと同化して徐々に明るくなっていくのが見られる。この原因は、間隙部中央付近の液晶分子は、応答初期において構造物からの配向規制に従わずにランダムに配向しているが、時間の経過と共に構造物により配向を規制された液晶分子から傾斜の伝播を受け、徐々に構造物による規制方向に揃っていくためであることが分かった。

【0173】2. (図46(A)の(a)問題点3参照) 構造物やスリット部のごく近傍のうち、交差部以外の領域が、応答直後に暗く、時間の経過と共に明るくなっている。この原因は、この領域の液晶分子が、応答直後において線状の構造物やスリット部の伸びる方向に対して直交(90°)方位に配向して、その後45°の方位へと配向を変化させるためであることが分かった。

【0174】3. (図46(A)の(b)問題点1参照) 応答直後において、構造物またはスリット部上のうち、交差部およびそれ以外の領域に配向ベクトルの特異点が複数現われ、時間の経過と共に交差部以外に発生した特異点同士が、互いに引き合うような形で移動して消滅していくのが見られる。さらに、この特異点の移動、消滅に付随して、その周囲の明るさに変化が見られる

(20)

37

(3本の暗線が1本へと変化する)。この理由を以下に説明する。電圧印加時において、線状の構造物またはスリット部上の液晶分子は、構造物またはスリット部の伸びる方向に対して平行方向に配向しようとする。ここで例えば、線が左右に伸びているとした場合、液晶分子がそれと平行に配向するには左方向と右方向の二種類がある。構造物またはスリット部の交差部近傍では、配向ベクトルの特異点が安定に形成されるような配向制御状態が実現されるため、それに従う形で液晶分子の配向方位が一方方向に定まるが、交差部以外では、液晶配向の方位をどちらにするか定める手段がない。そのため応答直後には、交差部以外の液晶分子は二方向のいずれかにランダムに倒れることで、交差部以外にも特異点ができ、その後交差部による配向方位に倣う形で配向状態が変化していき、最終的には安定に特異点を形成できる交差部以外の特異点は消滅すると考えられる。

【0175】以上まとめると、応答が遅くなる原因は、間隙部でのランダム配向、構造物近傍での直交配向、及び格子の交差部以外に発生した特異点の変化(移動や消滅)の3つに切り分けできる。

【0176】そこで、本実施形態では、基板上に設けた線状突起やスリット部によって液晶配向を制御するMVA-LCDの応答特性を改善するため、電圧無印加時においても、線状突起上又はスリット部上の液晶分子が非垂直配向になるようにした。これにより、電圧無印加時にあらかじめ線状突起又はスリット部上の液晶分子のチルト方向を定めることができる。

【0177】この結果、電圧印加後においても線状突起又はスリット部上の液晶分子は予め定められたチルト方向に従うので、従来のMVA-LCDで生じていた特異点の移動や消滅をなくすことができる。

【0178】さらに電圧印加時には、線状突起又はスリット部に隣接する領域の液晶分子は、線状突起やスリット部の延伸方向に対して $45^\circ$ 方位に配向しようとする。このとき、線状突起又はスリット部上の液晶分子が予め定められた方位にチルトしているため、これに隣接する領域の液晶分子はこのチルト方位から $45^\circ$ ずれた方向へと円滑に配向を変化させることができる。これらにより上記問題点の2及び3が改善でき応答速度を向上することができる。

【0179】なお、コントラストが高く、明るい表示を得るためには、線状突起又はスリット部上の液晶分子の配向方位は、電圧印加時のドメイン内の液晶分子の配向方位に対して $45^\circ$ ずらすとよい。また、偏光板の偏光軸もドメイン内の液晶分子の配向方位に対して $45^\circ$ 方位に配置する必要がある。線状突起やスリット部上の液晶配向方位がドメイン内の液晶分子の配向方位から $45^\circ$ ずれていると、偏光軸方位と線状突起やスリット部上の液晶配向方位が一致することとなり、光漏れは発生しない。線状突起又はスリット部上の液晶分子の配向方位

38

が偏光軸方位からずれていると、黒表示時に光漏れが発生するため、光漏れを発生させない方法として、線状突起又はスリット部、又はそれらの対向部のうち少なくとも一つを遮光してもよい。また、電圧印加時において、線状突起又はスリット部を境界として隣接する液晶ドメインの配向方位は互いに概ね $90^\circ$ 異なるようになっている。電圧無印加時における線状突起上又はスリット部上の液晶分子の配向方位は、線状突起又はスリット部の延伸方向に等しい。また、電圧無印加時における線状突起上又はスリット部上の液晶分子のプレチルト角発現方位と、電圧印加時における線状突起又はスリット部を境とした両隣に位置する液晶ドメインの配向方位との違いは $90^\circ$ 以下である。

【0180】以下、具体的実施例を用いて説明する。

(実施例7-1) 本実施例による液晶パネル構造を図48を用いて説明する。図48は本実施例による液晶パネルを基板面に向かってみた状態であって、図48(a)は電圧無印加時の状態を示し、図48(b)は電圧印加時の状態を示している。ITO電極を有する基板上に、格子状の配向規制用構造物4(6)を形成した。構造物材料には、感光性アクリル樹脂PC-335(JSR製)を用いた。構造物パターン形成は、基板上に当該樹脂をスピコートし、 $90^\circ\text{C}$ で20分のベーク(クリーンオープン使用)を行い、フォトマスクを用いて選択的に紫外光を照射し、有機アルカリ系現像液(TMAH 0.2wt%水溶液)で現像し、 $200^\circ\text{C}$ で60分のベーク(クリーンオープン使用)を行うことによって行った。構造物4(6)の幅は $5\mu\text{m}$ 、高さは $0.74\mu\text{m}$ 、格子ピッチは $40\mu\text{m}$ とした。

【0181】このようにして得た基板に、アッシング処理を行わずにそのまま配向膜を塗布することで、構造物4(6)上には選択的に配向膜が形成されないようにした。配向膜材料には垂直配向膜材料Xを用い、基板上に当該材料をスピコートし、 $110^\circ\text{C}$ で1分(ホットプレート使用)のプリベークを行った後、 $180^\circ\text{C}$ で60分(クリーンオープン使用)の本ベークを行った。このようにして形成した2枚の基板を格子のピッチが互いに半ピッチずれるように貼り合わせてセルを作製し、基板間に負の誘電率異方性を有する液晶材料Aを注入した。セルギャップは $4\mu\text{m}$ とした。セルの配向状態を観察し、図48(a)に示すように構造物4、6上に位置する液晶分子10は電圧無印加時においてすでに垂直配向ではないことを確認した。なお、配向規制用構造物又はその対向部における配向膜の膜厚は、配向規制用構造物が存在しない領域の膜厚よりも薄くするようにしてもよい。

【0182】次に比較例として、配向膜と塗布前の基板に、酸素プラズマ雰囲気中で約1分のアッシング処理を行うことで、構造物上にも配向膜が形成されるようにしたパネルを作製した。

(21)

39

【0183】次にこれら両者の応答の様子を高速カメラで観察した。観察結果を再び図45乃至図47を用いて説明する。図45乃至図47(A)列は比較例における電圧印加後の所定時間経過後のセルの応答状態の結果を示している。図45乃至図47(B)列は本実施例における電圧印加後の所定時間経過後のセルの応答状態の結果を示している。なお、本図による理解を容易にするため図45乃至図47(B)の各図には注目すべきドメインを円で囲って示している。

【0184】まず電圧無印加時においては、本実施例の方は構造物上の液晶分子が非垂直配向であるものの、その方位が偏光軸方位に等しいため、構造物上の液晶分子が垂直配向である比較例と同様、黒表示状態となっている(図45(A)(B)の(a)参照)。

【0185】次に電圧印加後の構造物近傍の明るさを比較すると、実施例では、12ms後に既に構造物近傍全体が明るくなっているのに対し、比較例では構造物の交差部近傍のみが明るくなっているだけである(図45(A)(B)の(b)参照)。

【0186】また、電圧印加後の構造物上への特異点形成状況を比較すると、本実施例では構造物交差部以外に特異点は見られないが、比較例では交差部間の線状の部分にも特異点が形成され、この特異点は700ms以上の長時間を要して消滅していくことが分かる(図47(A)(B)の(c)参照)。

【0187】次に、応答速度の測定結果を図49に示す。図49(a)は、横軸に相対透過率(%)をとり、縦軸に応答速度(ms)をとったグラフである。なお相対透過率は液晶への印加電圧が5.4Vを100.0%としている。図49(b)は、相対透過率(%)の各測定点における応答速度の測定値を数値で示している。図49から明らかなように、本実施例のほうが、いずれの階調に対しても比較例より高速な応答速度が得られており、これは図45乃至図47に示した高速カメラの結果とよく対応している。これらにより、本実施形態により応答特性を改善できることが分かる。

【0188】(実施例7-2)図50(a)は本実施例によるパネル構造を示し、図50(b)は、比較例によるパネル構造を示す。本実施例は、以下の点を除いて実施例7-1の図48に示すパネル構造と同一である。図50(b)に示す比較例では、上下基板に幅の等しい格子状の配向規制用構造物4、6を形成しているのに対し、本実施例では、図50(a)に示すように、格子状配向規制用構造物34、36の幅を延伸方向で変化させている。格子状配向規制用構造物34、36の太い部分の幅は5 $\mu$ m、細い部分の幅は2 $\mu$ mとした。これによって、構造物34、36上の液晶配向を一定方向に制御できる。ここでは、同一基板上での構造物交差部での太さが最も太くなるようにして、構造物上の液晶配向をドメイン内の液晶配向から90°以内(この例では45

40

°)に制御することができた。比較例のように、構造物幅が一定の場合には、構造物上の液晶分子のチルト方位が延伸方向に対してどちらになるかを定められないため、構造物上の液晶分子のチルト方位が電圧印加時における間隙部の配向方位に対して90°以上となる場合がある(図で黒く示した液晶分子)。この場合には、図45乃至図47(B)列の中央下部(円部外側下方)のような配向異常が観測され、透過率が低下する。しかしながら、本実施例のように構造物幅を変化させることにより、構造物の液晶配向を所望の方向に安定に定めることができるため、透過率低下を抑制できる。

【0189】(実施例7-3)図51(a)は本実施例によるパネル構造を基板面に向かって見た状態を示している。図51(b)は図51(a)のA-A線で切断した断面を示している。本実施例は、格子状の配向規制用構造物4、6の高さを変化させた点を除いて実施例7-1の図48に示すパネル構造と同一である。本実施例では、同一基板上での構造物交差部の高さが最も高くなるようにして、高い部分の高さを1.2 $\mu$ m、低い部分の高さを0.5 $\mu$ mとした。図51(b)では、基板2上の格子状の配向規制用構造物4の交差部37の高さが最も高くなるようにしている。実施例7-2と同様に本実施例の構成によっても構造物上の液晶配向を所望の方向に安定に定めることができ、透過率低下を抑制できる。

【0190】(実施例7-4)図52に本実施例のパネル構造を示す。図52(a)は本実施例によるパネル構造を基板面に向かって見た状態を示している。図52(b)は図52(a)のA-A線で切断した断面を示している。本実施例は、格子状の配向規制用構造物4、6上にさらに複数の微小構造物40を形成し、その上に配向膜41を形成した点を除いて実施例7-1の図48に示すパネル構造と同一である。微小構造物40は、図52(a)に示すように、基板面に向かってみて二等辺三角形形状をしている。微小構造物40は、その二等辺三角形形状の底辺が構造物4、6の交差部37側を向くように配置されている。これによって、構造物上の液晶配向を所望の方位に安定に定めることができるため、透過率低下を抑制できる。

【0191】(実施例7-5)図53を用いて本実施例について説明する。図53は、構造物4上、およびその対向部にのみ紫外光が照射されるように、フォトマスクMを用いて基板1、2上を選択的に遮光して紫外線照射を行った。紫外光波長は254nm、照射量は約5000mJ/cm<sup>2</sup>とした。これにより、構造物4上の液晶分子10のプレチルト角をほぼ0°(液晶分子10が基板面に対して概ね平行に配向する)にできた。プレチルト角が0°の場合は、上記のようなチルト角の違いに起因した透過率の低下は起こらない。

【0192】(実施例7-6)図54を用いて本実施例について説明する。本実施例は、以下の点を除いて実施

(22)

41

例7-1と同様の構成である。構造物4、6上に選択的にラビング処理を行った。ラビング方向46(図中矢印で示す)は、各線状構造物4、6の延伸方向に平行で、且つ交差部37内側から外側に向かうように行った。これによって、構造物4、6上の液晶配向を所望の方位に安定に定めることができるため、透過率低下を抑制できる。

【0193】以上説明したように本実施の形態によれば、基板上に設けた構造物やスリット部によって液晶配向を制御する液晶表示装置における応答特性の改善を図ることができる。

【0194】〔第8の実施の形態〕次に、本発明の第8の実施の形態による液晶表示装置を図55乃至図62を用いて説明する。本実施形態は、MVA-LCDの表示応答速度を改善できる液晶パネルの最適な構造条件を示している。従来のMVA-LCDの液晶パネル条件の一例は、セルギャップdが4.0μmであり液晶のΔn(屈折率異方性)が0.0822である。従来のMVA-LCDは、正面からのコントラスト比が非常に高く、視角特性が極めて広く、さらに白黒間の応答性も速いためPC(パーソナルコンピュータ)等の静止画面用モニターとして優れている。しかしながら、中間調(グレースケール)での応答速度が今一つのため、動画対応モニターとして使用すると、「残像」や「表示ボケ」を生じてしまう場合がある。

【0195】図55及び図56は、本実施の形態が解決\*

$\tau_r$ : 立ち上がり時間 (MVA: 黒→白)      d: セルギャップ

$\tau_d$ : 立ち下がり時間 (MVA: 白→黒)       $\epsilon_0$ : 比誘電率

$\Delta\epsilon$ : 誘電率異方性 (液晶材料)

V: 印加電圧

K33: 弾性パラメータ (バンド)

【0199】上記式は、液晶材料の粘性を低く、セルギャップを小さく、液晶材料の誘電率異方性を大きく、印加電圧を高く、あるいは弾性定数を小さくすれば、液晶セルの応答速度τが小さくなってMVA-LCDの応答性能が向上することを意味している。

【0200】従来から、MVA-LCDのセルギャップdを小さくし、液晶粘性を小さくすることにより応答速度を高くする試みがなされている。特に上記式から明らかにセルギャップdを小さくするとその二乗値で効果が得られることが分かる。

【0201】ところが、単にセルギャップdを小さくするだけでは液晶セルの透過率が低下して液晶モニター等の表示が暗くなってしまう。これを防止するには、セルギャップdを小さくする代償として、大きなΔnを有する液晶を用いる必要がある。ところが、Δnが大きい負の誘電率異方性を有する液晶材料は、その粘性が相対的に大きくなりがちであり、これを最小限に止める必要が生じる。

【0202】また、MVA-LCDは、単純にセルギャップdを小さくしたり印加電圧を大きくしたりしても、

42

\*しようとする問題点を説明した図である。図55は、横軸に階調変化後の到達透過率(%)を表し、縦軸に応答速度Ton(ms;ミリ秒)を表しており、MVA-LCDにおいて、出発透過率が約0%の全黒の表示画面となる0階調から所定階調の到達透過率になるまでの応答速度Tonを示している。図56は、横軸に階調変化後の出発透過率(%)を表しており、縦軸に応答速度Toff(ms)を表し、MVA-LCDにおいて、所定階調から到達透過率が約0%の全黒の表示画面となるまでの応答速度Toffを示している。図55から明らかなように、黒表示からグレー(中間調)に変化する際の応答速度Tonが100ms以上になってしまう中間調が存在する。また、図56から明らかなように、中間調から黒に変化する際の応答速度Toffが20ms以上になってしまう中間調が存在する。特にTonでの低い応答速度では、液晶モニタに動画表示をさせると線(尾)引き等が発生してしまい満足な動画表示が得られない。

【0196】垂直配向させた液晶分子を用いるMVA方式は、ECB効果(電界制御複屈折効果)を利用しており、一般に、その電気光学特性に関する応答速度τは以下に示す式で与えられる。

【0197】

$$\tau_r = \eta_i d^2 / (\epsilon_0 \cdot |\Delta\epsilon| V^2 - K_{33} \pi^2)$$

$$\tau_d = \eta_i d^2 / (K_{33} \pi^2)$$

【0198】

既述の実施形態でも指摘されているように、配向規制用構造物である線状突起(土手)やスリット部の近傍に生じる液晶分子の配向ぶれ(φブレ)が原因となって応答時間τを高速化できない場合がある。これを回避してセルギャップdを小さくするには、種々の条件に合った配向規制用構造物を設ける必要が生じている。

【0203】ところで、一般にセルギャップdが小さくなると、対向する2枚のガラス基板間に液晶を注入する時間は長くなる。特に、MVA方式に用いる垂直配向型の液晶は粘性が相対的に大きくなりがちであり液晶注入時間は長くなる。従って、MVA-LCDでセルギャップdを小さくすることは、TN型LCD等と比較して量産上不利となる問題を含んでいる。このため、セルギャップdを小さくしても、量産工程上の不利にならず、製造コスト面においても同等もしくは低コスト化を図ることができるMVA-LCD製造方法が必要となっている。

【0204】図57は、液晶表示装置の応答特性のセルギャップ(セル厚)に対する依存性を示したグラフである。横軸は到達透過率(%)を表し、縦軸は応答速度T

(23)

43

on (ms) を表している。また、表3は図57のグラフの各セル厚における到達透過率と応答速度Tonの関係を示している。なお、図57及び表3に示すMVA-LCDの液晶材料、土手状の配向規制用構造物の土手高さ及び土手幅、及び土手間の間隙幅については、図55\*

44

\*及び図56の特性を有するMVA-LCDと同一条件で形成されている。

【0205】

【表3】

透過率 (%)	セル厚 = 2 $\mu$ m	セル厚 = 3 $\mu$ m	セル厚 = 4 $\mu$ m
2.5	52	103	180
5	36	72	132
10	30	68	121
15	24	61	112
25	19	47	85
50	26	29	55
75	55	20	38
100	122	45	18

【0206】図57及び表3に示すように、セルギャップdを小さくすると、到達透過率が0%側の方は応答速度が速くなる。ところが、到達透過率が100%となる点においては必ずしも応答速度は高速にならない。これは、セルギャップdが小さくなると、高い印加電圧（例えば5V）の場合には過度の電界強度が印加されるため、配向過多で液晶分子の配向方向が安定するまでに時間がかかってしまうからである。セルギャップdが小さくなるほど過度の電界が印加されるため、応答速度の極小点が低い到達透過率側に移動する。このように種々の検討の結果、セルギャップdを小さくした場合、その応答速度は単純にセルギャップdの二乗値で効果が現われるだけでなく、それ以上に高速応答化への影響が大きいことが分かった。

【0207】ところで、負の誘電率異方性を有する液晶材料は、他の液晶材料に比して相対的に材料設計が難しい。このため、TFTをスイッチング素子に備えたアクティブマトリクス型表示装置での動画表示に充分使える液晶材料として、 $\Delta n$ の上限値は0.15~0.17が限界である。

【0208】種々の検討の結果、従来と同等の透過率を得られ、且つ中間調での高速応答化が可能となる条件を見出した。まず、動画表示に充分対応できるようにするには、セルギャップdは2.0  $\mu$ m以下、用いる液晶材料の $\Delta n$ は0.1500以上であればよいことが分かった。

【0209】また、MVA方式のようなECB型の液晶セルの場合、透過率はリタデーション $\Delta n \cdot d$ に依存するため、あまり大きな $\Delta n \cdot d$ は採用できない。MVA方式の特性を維持して高速応答化できる範囲は、種々の検討の結果、 $\Delta n \cdot d$ が0.30nmから0.42nmの範囲が適当であることが分かった。

【0210】負の誘電率異方性を有し、且つ $\Delta n$ の大き

い液晶を得るには、(1)  $\Delta n$ が大きいネガ成分化合物を導入すること、あるいは、(2)  $\Delta n$ が大きいニュートラル材料化合物を用いること、が有効である。

【0211】条件(2)の場合はトラン系の成分を有していない液晶材料が好ましい。トラン系化合物が存在すると液晶セルの安定性や寿命が低下する。従って、厳しい電気的特性を満たす必要があるアクティブマトリクス-LCDにはトラン系の成分を有さない液晶材料の方が有利である。よって、不飽和結合を含まない液晶化合物から構成される液晶材料を用いることが好ましい。

【0212】また、液晶セル内の液晶分子は電圧印加時に2方向以上に傾斜させることで、応答性・視野角特性も優れたものとなり、マルチドメイン構造であるのが望ましい。電圧印加時に液晶分子をマルチドメインで複数方向に傾斜させるには、2枚の対向基板のうち少なくとも一方の基板面に土手・突起等の配向規制用構造物を形成するか、画素電極を部分的に抜いたスリット部状パターンの配向規制用構造物を形成するのが好ましい。

【0213】一般にMVA-LCDは、2枚の対向基板の双方に土手・突起等の配向規制用構造物を形成するか、あるいは一方の基板に土手・突起等の配向規制用構造物を形成し、他方の基板に電極を部分的に抜いたスリット部状パターンの配向規制用構造を形成している。

【0214】応答速度に関しては、2枚の対向基板の双方に土手・突起等の配向規制用構造物を形成する方が適していることが分かっている。セルギャップdを小さくした本実施形態の液晶パネルにおいても、2枚の対向基板の双方に土手・突起等の配向規制用構造物を形成した構成とした場合が、最も確実に高速応答を得ることができた。

【0215】図58は、液晶表示装置の土手の高さコントラスト比の関係を示したグラフである。横軸は土手の高さ( $\mu$ m)を表し、縦軸はコントラスト比を表して

(24)

45

いる。また、表 4 は図 5 8 のグラフの各セル厚における土手の高さとのコントラスト比の関係を示している。なお、図 5 8 及び表 4 に示す MVA-LCD の液晶材料は負の誘電率異方性を有する液晶材料 A であり、セルギャップ  $d = 4 \mu\text{m}$  のパネルの土手間の間隙幅は  $25 \mu\text{m}$ 、セルギャップ  $d = 2 \mu\text{m}$  のパネルの土手間の間隙幅は  $15 \mu\text{m}$  である。また、土手幅は双方とも  $10 \mu\text{m}$  である。

【0216】図 5 8 及び表 4 から、コントラスト比を高く保つためには、土手の高さも重要であることが分かる。土手高さが同じ  $1.5 \mu\text{m}$  としても、液晶セルのセルギャップ  $d$  が大きい場合は  $1.5 \mu\text{m}$  の土手のテーパ\*

46

\* (傾斜部) による影響が非常に小さいため、黒表示時の光漏れに関与せず、コントラスト比は高くなる。セルギャップが  $4.0 \mu\text{m}$  の方は土手高さが  $1.7 \mu\text{m}$  以下であれば非常に高いコントラスト比を維持できる。それに対して、セルギャップ  $d$  が  $2.0 \mu\text{m}$  となると、土手の高さが  $1.5 \mu\text{m}$  では光漏れが大きくなる。セルギャップ  $d$  が小さい場合は、土手の高さに対する光漏れのマージン領域が小さくなるため、高コントラスト比を維持するには、セルギャップ  $d$  に相当する土手高さ以下とすることが必要となる。

【0217】

【表 4】

土手の高さ	コントラスト比	
	セル厚 = $4.0 \mu\text{m}$	セル厚 = $2.0 \mu\text{m}$
0.3	701	674
0.5	692	658
0.7	680	645
1.0	638	593
1.2	655	380
1.4	620	212
1.7	613	181

【0218】配向規制用構造物の土手の高さに関しては、セルギャップ  $d = 4 \mu\text{m}$  の従来の MVA-LCD では  $1.3 \mu\text{m}$  から  $1.5 \mu\text{m}$  である。セルギャップ  $d$  を小さくした本実施形態の液晶パネルの土手高さを従来と同様の土手高さで形成してしまうと、土手上の垂直配向膜が対向基板間で強く作用して黒状態での光漏れが発生するためモニタ表示での黒レベルが低下してコントラスト比が低下してしまう (図 5 8 及び表 4 参照)。また、スペーサ散布等を考慮すると均一なセルギャップを得るには土手高さは小さい方が望ましく量産上の歩留まりもよい。従って、高速応答化を実現し且つ量産上にも有利な土手高さとしては、 $1.0 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

【0219】図 5 9 乃至図 6 1 は、液晶表示装置の応答特性の間隙幅 (ピッチ) 依存性を示したグラフである。横軸は到達透過率 (%) を表し、縦軸は応答速度  $T_{on}$  (ms) を表している。図 5 9 はセルギャップ  $d = 4 \mu\text{m}$ 、図 6 0 はセルギャップ  $d = 3 \mu\text{m}$ 、図 6 1 はセルギャップ  $d = 2 \mu\text{m}$  の場合を示している。表 5 乃至表 8 はそれぞれ図 5 9 乃至図 6 1 のグラフの各間隙幅における到達透過率と応答速度  $T_{on}$  の関係を示している。なお、図 5 9 乃至図 6 1 及び表 5 乃至表 7 に示す MVA-LCD の液晶材料と土手高さ及び土手幅については、図 5 5 及び図 5 6 の特性を有する MVA-LCD と同一条件で形成されている。

【0220】また、図 5 9 乃至図 6 1 及び表 5 乃至表 7

から明らかなように、セルギャップ  $d$  が小さくなると電圧印加時に液晶の配向乱れが生じて応答速度  $T_{on}$  が低下するので、隣り合う配向規制用構造物間の間隙幅は従来の  $25 \mu\text{m}$  よりも小さくする必要がある。

【0221】図 5 7 に示した従来のセルギャップ  $d = 4.0 \mu\text{m}$  の場合は、応答特性に極小点を持たないの  
で、図 5 9 に示すように、間隙幅を小さくすると応答特性はそのまま改善の方向に向かう。

【0222】セルギャップ  $d$  が  $3.0 \mu\text{m}$  や  $2.0 \mu\text{m}$  の場合のように、応答特性に極小点を持つ場合は、図 6 0 及び図 6 1 に示すように、間隙幅を小さくすることが有効である。これは、配向を制御している土手の効力が発揮されるためと考えられる。面内の理想方向に配向すべき液晶分子が、セルギャップ方向の電界強度に負けないため、例えば液晶を挟む基板間に電圧  $5 \text{V}$  を印加しても余分な配向変化を示さないため、セルギャップの効果が発揮されるものと考えられる。セルギャップが  $3.0 \mu\text{m}$  の場合は間隙幅が  $20 \mu\text{m}$  以下で極小点が発生するのを抑制することができ、セルギャップが  $2.0 \mu\text{m}$  の場合は間隙距離が  $15 \mu\text{m}$  以下で極小点の発生を抑制することが分かった。

【0223】ところで、間隙幅は小さければ小さい程よいというわけではない。これは液晶セルの透過率とコントラスト比に関わってくる。例えば、液晶セルに  $5 \text{V}$  を印加したとき透過率が高い方が表示は明るくなる。土手間の間隙幅を小さくするとこの透過率が小さくなる。ま



(25)

47

た、間隙幅が小さくなると、単位面積あたりの土手領域が増加する。例えば、LCDの画素当りの土手が多くなると、黒表示における光もれ部分が多くなり、コントラスト比が低下する。これは、土手のテーパ部分が斜めになっており、液晶分子が基板に対して垂直方向には配向しないので、光がわずかながらも漏れて、結果的にコントラスト比が低下する。

48

\*【0224】つまり、土手の数は、透過率的にもコントラスト比的にも、なるべく単位面積当たり少なくした方が表示性能は向上する。但し、応答速度の面からいえば、極小点が出ないようにするため、セルギャップに対して最適な間隙幅となる条件が存在する。

【0225】

\* 【表5】

セル厚＝ 4 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 10 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 15 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 20 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 25 $\mu\text{m}$
2.5	93	150	161	180
5	68	107	116	132
10	60	95	106	121
15	57	88.1	97	112
25	44	64	75	85
50	27	43	46	55
75	21	28	35	38
100	17	16	17	18

【0226】

※ ※【表6】

セル厚＝ 3 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 10 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 15 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 20 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 25 $\mu\text{m}$
2.5	68	72	88	103
5	47	50	59	72
10	42	47	55	68
15	39	42	48	61
25	32	33	38	47
50	20	23	26	29
75	18	19	23	20
100	17	17	19	45

【0227】

★ ★【表7】

セル厚＝ 3 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 10 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 15 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 20 $\mu\text{m}$	間隙幅＝ 25 $\mu\text{m}$
2.5	33	41	47	52
5	28	32	34	36
10	27	29	28	30
15	22	24	22	24
25	21	22	18	19
50	19	21	17	26
75	18	19	36	55
100	17	21	70	122

【0228】図62は、土手幅とパネル透過率の関係を示したグラフである。横軸は土手幅 ( $\mu\text{m}$ ) を表し、縦

軸は5V印加時のパネル最大透過率(%)を表している。表8は図62のグラフの各セルギャップにおける土

(26)

49

手幅と透過率の関係を示している。なお、セルギャップ  $d = 2 \mu\text{m}$  の液晶パネルの液晶材料は、後述の液晶Cであり、隣接土手間の間隙幅は  $15 \mu\text{m}$ 、土手高さは  $0.8 \mu\text{m}$  である。一方、セルギャップ  $d = 4 \mu\text{m}$  の液晶パネルの液晶材料は、負の誘電率異方性を有する液晶材料\*

50

\* Aであり、隣接土手間の間隙幅は  $25 \mu\text{m}$ 、土手高さは  $1.5 \mu\text{m}$  である。

【0229】

【表8】

土手幅 ( $\mu\text{m}$ )	透過率 (%)	
	セル厚 = $4.0 \mu\text{m}$	セル厚 = $2.0 \mu\text{m}$
3	8.4	20.4
5	17.6	20.8
10	22.3	18.7
15	20.2	15.6
20	14.6	13.9

【0230】土手間の間隙幅が短くなると、それに対応して相対的に長い土手幅を形成する必要がある。土手幅が小さいと透過率のロス領域が小さくなる。但し、土手幅は、土手間の間隙幅とも関係があり、間隙幅が大きい場合はそれだけ土手幅も大きくないと、理想方位への配向が得られなくなる。本実施形態のようにセルギャップ  $d$  を小さくしていくと、間隙幅も小さくすることになり、それゆえ土手幅も小さくすることが可能になる。検討の結果、図62及び表8に示すように、配向の安定性・輝度ロスの防止には製造マージンを含めて土手幅が  $3.0 \mu\text{m}$  以下であればよいことを見出した。

【0231】セルギャップ  $d$  を小さくした液晶パネルを作製する場合、従来の作製方法（真空ディップ注入法）では注入時間が長くなり、タクトの問題から結果的に製造単価が上昇してしまう。そこで、本実施形態による液晶表示装置の製造では滴下注入法を用いている。滴下注入法は注入時間を短縮できる点に利点を有しており、とりわけ、大型化・狭ギャップ化した液晶表示装置ほど当該利点の恩恵を大きく受ける。

【0232】さらに、滴下注入法に適した真空中での揮発性が高い液晶化合物を含有した液晶材料を用いることができ、当該液晶化合物の導入によって負の誘電率異方性を有する液晶材料の回転粘性 ( $\gamma_1$ ) を小さくして応答速度を向上させることができるようになる。真空中での揮発性が高い液晶化合物は、従来のTN型LCDの真空ディップ注入工程において揮発により液晶材料の組成比率が変化してしまうため、量産面から不適当と判断されて使用されない状況になっていた。ところが、真空ディップ注入工程では液晶が真空中に放置される時間は6～7時間程度の長さになるが、滴下注入工程では約1分程度と桁違いに短い時間で済むので、真空中での揮発性が従来よりもやや高い液晶化合物を量産用に用いることができるようになる。検討の結果、これら揮発性の高い材料を用いると、液晶の回転粘性  $\gamma_1$  を2～3割小さくすることができ、液晶セルの応答速度向上にも寄与する

ことが確認できた。

【0233】一般に、液晶材料の  $\Delta n$  が大きくなると、 $\Delta n$  の波長依存性は大きくなることが知られている。これは、液晶パネルにおいて、その電圧-透過率特性においても、波長依存性が大きくなることを意味する。高速化が実現できた液晶パネルでも、その波長依存性が大きければ、透過スペクトルが原因で色づきが発生し、色度特性が低下する場合がある。特に、青の波長領域での屈折率異方性が大きくなり青の電圧-透過率特性の波長依存性が大きくなると、緑あるいは赤と比較して色ずれが目立つようになる。色ずれを補正する方法としては、画素内の構造物と構造物との間隙幅を異ならせて、青、緑、赤の順に間隙幅が大きくなる構造物のパターンとすればよい。実質的には、青の波長領域が突出しているため、青の部分のみを緑や赤よりも間隙部ピッチを小さくすれば色度特性は大きく改善する。

【0234】以下、具体的な実施例を用いて説明する。  
 （実施例1）ITO電極を有する基板に、レジストS1808（シブレイ製）をパターンニング・熱硬化して土手を形成した（幅  $3 \mu\text{m}$ ）。この基板をアッシング処理後、垂直配向膜材料Xをスピナーにより形成した。土手高さは、 $0.7 \mu\text{m}$  とした。一方の基板に対して、所定のスペーサを散布して、熱硬化シール材を用いて貼り合わせ、空セルを作製した（スペーサ： $2.0 \mu\text{m}$ 、 $3.0 \mu\text{m}$ 、 $4.0 \mu\text{m}$ ）。貼り合わせた際、土手とスリット部の間隔（配向制御）は、 $5 \mu\text{m}$ 、 $10 \mu\text{m}$ 、 $15 \mu\text{m}$  である。これらの空セルに対して、粘性・ $\Delta n$  が異なる負の誘電率異方性を有する液晶材料A、液晶B、液晶C、液晶Dを各々に対して注入し、封止して偏光板をクロスニコルで貼り合わせて、MVAセルを作製した。セルギャップは、オーク製作所製のセル厚測定装置により求めた。液晶B、液晶C、液晶Dとセルギャップとの組み合わせは、 $\Delta n \cdot d$  値が同等になるようにしている。ここで、負の誘電率異方性を有する液晶材料Aと液晶B、C、Dの特性を表9に示す。

(27)

51

【0235】

\* \* 【表9】

52

液晶材料の物性値

	負の誘電率 異方性を有する 液晶材料A	液晶B	液晶C	液晶D
NI点	71℃	70℃	90℃	70℃
$\Delta n$	0.0822	0.1321	0.1535	0.1669
$\Delta \varepsilon$	-3.8	-3.8	-5.0	-4.1
$K_{11}$	13.6	11.3	14.7	12.6
$K_{33}$	14.7	14.7	21.0	17.7
$\gamma_1$	135	187	320	234

【0236】各MVAセルのT-V特性を測定し、実際の白表示となる5.4Vを100%として、0%から25%、50%、75%、100%へ到達する応答時間を測定した。その結果、セルギャップが大きい(4.0  $\mu$ m)に比べて、セルギャップが小さくなる程、特に中間調領域にて高速化されることが分かった。セルギャップが小さい場合は、液晶粘性に対する依存性が小さくなり、MVAセルに用いる液晶材料に対する制限が小さくなる。

【0237】また、土手部と土手部の間隙ピッチは、15  $\mu$ mから高電圧印加時において配向ブレが生じることから、間隙ピッチは15  $\mu$ m以下が望ましいことが分かった。間隙ピッチが15  $\mu$ m以下では、T-V特性における電圧印加時の透過率が低下してしまうことから、15  $\mu$ mとすることが好ましい。

【0238】土手部の幅を3  $\mu$ m以上とすると、やはり透過率が低下してしまい、好ましい傾向は得られなかった。土手高さが170  $\mu$ m以上の場合は、電圧無印加時における透過率が高く、光モレが発生してくることから、コントラスト比が小さくなり、良好な結果は得られなかった。

【0239】以上説明したように、本実施形態による液晶表示装置であれば、その応答速度を高速化することができ、特に中間調表示で問題となる「残像」「表示ボケ」を緩和させることが可能となり、MVA-LCDの表示性能を向上させることができる。

【0240】〔第9の実施の形態〕次に、本発明の第9の実施の形態によるLCDを図63乃至図72を用いて説明する。本実施の形態は、LCDのパネル構造条件に関し、特に負の誘電率異方性を有する液晶を用いたVA方式のLCDの応答速度改善に関する。

【0241】負の誘電率異方性を有する液晶を用いたVA方式のLCDはコントラストが高く、かつ応答特性が優れていることから、様々な方式が開発されている。特にマルチドメインを用いたMVA-LCDは視角特性に優れており、高性能な液晶モニタとして量産されている。

【0242】近年のマルチメディア化に伴い静止画像用のモニタから動画対応モニタの需要が高まったことから、1フレーム(16.7ms)内で応答を完了するLCDが必要となってきた。TN型、IPS型の応答特性改善が進む中、MVA-LCDにおいても応答特性改善が望まれている。

【0243】図63は、本実施の形態が解決しようとする問題点を説明したものであり、MVA-LCDの応答特性をスイッチング前の中間調レベル毎に示している。横軸はスイッチング後の中間調レベルを表しており、縦軸はスイッチングの前後に要する応答時間(ms)を表している。ここで、中間調レベルの定義を図64に示す。図64は、MVA-LCDの印加電圧に対する透過光輝度を示すとともに、各中間調レベルを示している。横軸は印加電圧(V)を表しており、縦軸は透過光輝度(a.u.)を表している。図63に示すように、完全な白表示(中間調レベル8)を得るときは、スイッチング前の中間調レベルに関わらず応答時間が短い。ところが、中間調表示を得るときは数十ms以上の応答時間を要しているため、モニタ画面で残像や表示ボケ等が生じる原因となっている。特に、中間調レベル0から中間調レベル1及び2の低い中間調レベルへスイッチングする際に長い応答時間を要する。

【0244】また、図65は、本実施の形態が解決しようとする問題点を説明したものであり、VA方式のLCDの応答特性をスイッチング前の中間調レベル毎に示している。横軸は図63と同様にスイッチング後の中間調レベルを表しており、縦軸は応答時間(ms)を表している。図65に示すように、完全な白表示(中間調レベル8)を得るときは、スイッチング前の中間調レベルに関わらず応答時間が短い。ところが、中間調表示を得るときは数十ms以上の応答時間を要しているため、モニタ画面で残像や表示ボケ等が生じる原因となっている。特に、中間調レベル0から中間調レベル1及び2の低い中間調レベルへスイッチングする際に長い応答時間を要する。

【0245】負の誘電率異方性を有する液晶を用いたV

(28)

53

A方式のLCDの応答特性は液晶材料の回転粘性 $\gamma_1$ 、スプレイの弾性定数 $K_{11}$ 、ベンドの弾性定数 $K_{33}$ 、誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ 等のパラメータに依存する。しかし、これらのパラメータはそれぞれに相関を持つため、すべてのパラメータを最適化することは困難である。

【0246】負の誘電率異方性を有する液晶を用いたV\*

$$(\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 233.7) \times (K_{33} + 36.9) \times (d - 1.1) \times (\Delta\epsilon^4 + 31.7\Delta\epsilon^3 + 370.8\Delta\epsilon^2 + 1948.6\Delta\epsilon + 4304.2) \leq 8.8 \times 10^8 \quad (\text{式3})$$

を満たすときに、全階調において1フレーム内で応答可能な応答特性を有する。

【0248】また、表面に垂直配向処理を施した2枚の基板間に負の誘電率異方性を有する液晶を挟持し少なくとも一方の基板面に配向規制用構造物が形成されたMV※

$$(\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 875.6) \times (K_{33} + 50.6) \times (d^4 + 2.7d^3 + 9.5d^2 + 430.8d + 524.1) \times (\Delta\epsilon^4 + 31.7\Delta\epsilon^3 + 370.8\Delta\epsilon^2 + 1948.6\Delta\epsilon + 4304.2) \leq 1.6 \times 10^{12} \quad (\text{式4})$$

を満たすときに、全階調において1フレーム内で応答可能な応答特性を有する。

【0250】以下、具体的実施例を用いて説明する。

(実施例9-1) VA方式のLCDの応答時間について、液晶材料の回転粘性 $\gamma_1$ 、スプレイの弾性定数 $K_{11}$ 、ベンドの弾性定数 $K_{33}$ 、誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ 及び液晶層厚 $d$ による依存性をシミュレーションした。図66は、VA方式のLCDにおけるオン状態応答時間のパラメータ依存性を示している。横軸は各パラメータ変動(%)を表しており、縦軸はオン状態応答時間変動 $\Delta t$ (%)を表している。ただし、 $\gamma_1$ 、 $K_{11}$ 、 $K_{33}$ 、 $\Delta\epsilon$ 及び $d$ の基準値として、表10に示す負の誘電率異方性を有する液晶材料の代表的な値を用いた。

【0251】

【表10】

$\gamma_1$	150 mPa·s
$K_{11}$	12 pN
$K_{33}$	12 pN
$\Delta\epsilon$	-3
$d$	4 $\mu\text{m}$

$$\Delta t(\gamma_1) = 7.4667 \times 10^{-3} \gamma_1 - 1.008 \quad (\text{式5})$$

$$\Delta t(K_{11}) = 4.044 \times 10^{-3} K_{11} - 0.055 \quad (\text{式6})$$

$$\Delta t(K_{33}) = 1.938 \times 10^{-2} K_{33} - 0.285 \quad (\text{式7})$$

$$\Delta t(\Delta\epsilon) = 1.3826 \times 10^{-3} \Delta\epsilon^4 + 4.3821 \times 10^{-2} \Delta\epsilon^3 + 51.2690 \times 10^{-2} \Delta\epsilon^2 + 2.6942 \Delta\epsilon + 4.9511 \quad (\text{式8})$$

$$\Delta t(d) = 0.339d - 1.354 \quad (\text{式9})$$

【0255】最も遅い中間調レベル0から中間調レベル1への応答時間が16.7ms以下であれば、全階調において1フレーム内での応答を実現することができる。

全パラメータによる応答時間変動を考慮すると、 $\gamma_1$ 、

$$f = [1 + \Delta t(\gamma_1)] \cdot [1 + \Delta t(K_{11})] \cdot [1 + \Delta t(K_{33})] \cdot [$$

54

\* A方式のLCDは、液晶材料の回転粘性 $\gamma_1$  (単位はmPa·s)、スプレイの弾性定数 $K_{11}$  (単位はpN)、ベンドの弾性定数 $K_{33}$  (単位はpN)、誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ 及びセルギャップ $d$  (単位は $\mu\text{m}$ )が、

【0247】

※ A-LCDは、液晶材料の回転粘性 $\gamma_1$  (単位はmPa·s)、スプレイの弾性定数 $K_{11}$  (単位はpN)、ベンドの弾性定数 $K_{33}$  (単位はpN)、誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ 及びセルギャップ $d$  (単位は $\mu\text{m}$ )が

【0249】

【0252】図66に示すように、それぞれのパラメータによって応答特性への影響度が大きく異なる。また、図65に示したように、表10に示す条件では、VA方式のLCDの応答特性の中で最も長い時間を要する中間調レベル0から中間調レベル1への応答時間が69.5msであった。

【0253】 $\gamma_1$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t(\gamma_1)$ とする。 $K_{11}$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t(K_{11})$ とし、 $K_{33}$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t(K_{33})$ とする。また、 $\Delta\epsilon$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t(\Delta\epsilon)$ とし、 $d$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t(d)$ とする。図66で得られた結果に最小乗法を用いると、 $\Delta t(\gamma_1)$ 、 $\Delta t(K_{11})$ 、 $\Delta t(K_{33})$ 、 $\Delta t(\Delta\epsilon)$ 及び $\Delta t(d)$ はそれぞれ次のように表される。

【0254】

★  $K_{11}$ 、 $K_{33}$ 、 $\Delta\epsilon$ 及び $d$ を変化させたときのVA方式のLCDにおける応答時間の変動 $f$ は次のように表される。

【0256】

(29)

55

$$[1 + \Delta t (\Delta \epsilon)] \cdot [1 + \Delta t (d)] \quad (\text{式10})$$

【0257】最も遅い中間調レベル0から中間調レベル \* となる。

1への応答時間が69.5msであるので、これが1 【0258】

6.7ms以下になるには、次の条件を満たせばよい \*

$$f \leq 1 - (69.5 - 16.7) / 69.5 \quad (\text{式11})$$

【0259】(式5)～(式10)を(式11)に代入 ※ 【0260】

すると次式が得られる。 ※

$$(\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 233.7) \times (K_{33} + 36.9) \times (d - 1.1) \\ \times (\Delta \epsilon^4 + 31.7 \Delta \epsilon^3 + 370.8 \Delta \epsilon^2 + 1948.6 \Delta \epsilon + 4304.2) \leq 8.8 \times 10^8 \quad (\text{式12})$$

【0261】(実施例9-2)表11に示す液晶材料を用いてVA方式のLCDを作製した。配向膜は垂直配向膜材料Xを用い、ナイロンでラビングを6回(押し込み量0.2mm)行った。表11は、液晶材料のパラメータ★

★タを示している。表11に示す液晶1～5は、いずれも(式12)が成立している。

【0262】

【表11】

	液晶1	液晶2	液晶3	液晶4	液晶5
$\gamma_1$ (mPa·s)	178	135	99	99	72
$K_{11}$ (pN)	13.0	13.6	10.7	7.9	8.8
$K_{33}$ (pN)	14.9	14.7	12.9	9.6	10.5
$\Delta \epsilon$	-3.7	-3.8	-3.4	-2.3	-2.9
$d$ (μm)	1.6	1.7	2.0	1.5	2.0

【0263】オン状態における応答特性を測定した結果を図67に示す。図67は、表11に示す液晶1～5を用いたVA方式のLCDの応答特性を各液晶材料毎に示している。横軸はスイッチング後の透過率(%)を表し、縦軸は応答時間(ms)を表している。ただし、スイッチング前(印加電圧0Vで黒表示状態)の透過率を0.0%とし、印加電圧を5Vとしたときの透過率を100.0%としている。図67に示すように、いずれも16.7ms以下の応答特性を実現しており、(式12)の妥当性が確認できる。

【0264】表11に示す液晶材料は、応答特性を改善するために各パラメータを現実的に即した形で仮定している。液晶1は、回転粘性 $\gamma_1$ が大きい場合を仮定し、セルギャップ $d$ を小さくすることで応答特性の改善を図っている。液晶2は、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を大きくして応答特性の改善を図っている。液晶3は、回転粘性 $\gamma_1$ を小さくして応答特性の改善を図っている。液晶4は、現実の液晶材料では $\gamma_1$ を小さくすると弾性定数 $K_{11}$ 、 $K_{33}$ 及び $\Delta \epsilon$ が小さくなる傾向があるため、セルギャップ $d$ を小さくして応答改善を図っている。液晶5は、液晶3以上に $\gamma_1$ を小さくして応答改善を図っている。

【0265】(実施例9-3)図68は、MVA-LCDの断面構造を示している。所定のセルギャップ $d$ で対向して貼り合わされた2枚のガラス基板1、2間に液晶層3が封止されている。対向する2枚の基板1、2の対向面にはそれぞれITOからなる透明電極11、12が形成されている。また、両基板の外側の面には、互いにクロスニコルに配置された偏光板30が形成されてい

る。基板1の透明電極11上には、複数の線状突起4が形成されている。一方、基板2の透明電極12上には、線状突起4と同一のピッチで、線状突起4と半ピッチずれて配置された複数の線状突起6が形成されている。線状突起4、6は、それぞれ幅 $w$ と高さ $h$ で形成されている。線状突起4と線状突起6とは、基板面方向に間隙 $s$ を有している。

【0266】図69は、MVA-LCDにおける液晶分子の傾斜の伝播状態を示している。図69に示すように、線状突起6近傍の液晶分子の所定の方位への傾斜は、図68に示す線状突起4、6間の間隙 $s$ に順次伝播していくため、VA方式とは異なる応答特性を有する。

【0267】図68に示すMVA-LCDの応答時間について、液晶材料の回転粘性 $\gamma_1$ 、スプレイの弾性定数 $K_{11}$ 、ペンドの弾性定数 $K_{33}$ 、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ 及びセルギャップ $d$ による依存性をシミュレーションした。ここで、線状突起4、6の間隙 $s$ は25μm、高さ $h$ は1μm及び幅 $w$ は5μmにそれぞれ固定されており、表10に示す液晶材料を基準として用いている。図70は、MVA-LCDにおけるオン状態応答時間のパラメータ依存性を示している。図70に示すように、それぞれのパラメータによって応答特性への影響度が大きく異なる。また、図63に示したように、表10に示す条件では、MVA-LCDの応答特性の中で最も長い時間を要する中間調レベル0から中間調レベル1への応答時間が91.5msであった。

【0268】 $\gamma_1$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t'(\gamma_1)$ とする。 $K_{11}$ によるオン状態における

(30)

57

応答時間の変動を $\Delta t'$  ( $K_{11}$ )とし、 $K_{33}$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t'$  ( $K_{33}$ )とする。また、 $\Delta \epsilon$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t'$  ( $\Delta \epsilon$ )とし、 $d$ によるオン状態における応答時間の変動を $\Delta t'$  ( $d$ )とする。図70で得られた結果に \*

$$\Delta t' (\gamma_1) = 7.4667 \times 10^{-3} \gamma_1 - 1.008 \quad (\text{式13})$$

$$\Delta t' (K_{11}) = 1.125 \times 10^{-3} K_{11} - 0.015 \quad (\text{式14})$$

$$\Delta t' (K_{33}) = 1.531 \times 10^{-2} K_{33} - 0.225 \quad (\text{式15})$$

$$\Delta t' (\Delta \epsilon) = 1.3826 \times 10^{-3} \Delta \epsilon^4 + 4.3821 \times 10^{-2} \Delta \epsilon^3 + 5$$

$$1.2690 \times 10^{-2} \Delta \epsilon^2 + 2.6942 \Delta \epsilon + 4.9511 \quad (\text{式16})$$

)

$$\Delta t' (d) = 6.5120 \times 10^{-4} d^4 + 1.7511 \times 10^{-3} d^3 + 6.21$$

$$38 \times 10^{-3} d^2 + 0.28053 d - 0.65873 \quad (\text{式17})$$

【0270】全階調において1フレーム内での応答を実現するためには、最も遅い中間調レベル0から中間調レベル1への応答時間が16.7ms以下であれば全階調において1フレーム内での応答を行うことができる。全※

$$f' = [1 + \Delta t' (\gamma_1)] \cdot [1 + \Delta t' (K_{11})] \cdot [1 + \Delta t' (K_{33})] \cdot [1 + \Delta t' (\Delta \epsilon)] \cdot [1 + \Delta t' (\Delta d)] \quad (\text{式18})$$

【0272】最も遅い中間調レベル0から中間調レベル1への応答時間が91.5msであるので、これが16.7ms.以下になるには、次の条件を満たせばよい★

$$f' \leq 1 - (91.5 - 16.7) / 91.5 \quad (\text{式19})$$

【0274】(式13)～(式18)を(式19)に代入すると次式が得られる。

$$(\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 875.6) \times (K_{33} + 50.6) \times (d^4 + 2.7 d^3 + 9.5 d^2 + 430.8 d + 524.1) \times (\Delta \epsilon^4 + 31.7 \Delta \epsilon^3 + 37$$

$$0.8 \Delta \epsilon^2 + 1948.6 \Delta \epsilon + 4304.2) \leq 1.6 \times 10^{12} \quad (\text{式20})$$

【0276】(実施例9-4)図71は、本実施例によるMVA-LCDの断面構造を示している。図71に示すように、本実施例によるMVA-LCDは、図68に示す線状突起6に代えて、ガラス基板2上にスリット8が形成されている。また、線状突起4とスリット8とを組み合わせるだけでなく、両ガラス基板1、2上に共にスリット8が形成されていてもMVA-LCDを実現できる。

【0277】(実施例9-5)垂直配向膜材料Xを配向膜11、12に用い、シブレイ製のレジストLC-200を線状突起4、6に用いて、MVA-LCDを作製した。線状突起4、6は、幅5 $\mu\text{m}$ 、高さ1 $\mu\text{m}$ で形成した。液晶材料には負の誘電率異方性を有する液晶材料Aを用いた。図72は、間隙sを変化させたMVA-LCDの過渡応答特性を顕微鏡観察した結果を示している。

(a)は間隙sが6 $\mu\text{m}$ のときを示しており、(b)は◆

58

\*最小二乗法を用いると、 $\Delta t'$  ( $\gamma_1$ )、 $\Delta t'$  ( $K_{11}$ )、 $\Delta t'$  ( $K_{33}$ )、 $\Delta t'$  ( $\Delta \epsilon$ )及び $\Delta t'$  ( $d$ )はそれぞれ次のように表される。

【0269】

※パラメータによる応答時間の変動を考慮すると、 $\gamma_1$ 、 $K_{11}$ 、 $K_{33}$ 、 $\Delta \epsilon$ 及び $d$ を変化させた場合のMVA-LCDの応答時間の変動 $f'$ は次のように表される。

【0271】

20★ことになる。

【0273】

☆【0275】

☆

◆間隙sが15 $\mu\text{m}$ のときを示している。(c)は間隙sが30 $\mu\text{m}$ のときを示しており、(d)は間隙sが45 $\mu\text{m}$ のときを示している。印加電圧はそれぞれ5Vとした。図72に示すように、間隙sが30 $\mu\text{m}$ 以上になると一様な配向が得られない。

【0278】表12及び表13は、本実施例での間隙sと液晶の配向状態との関係を示している。表12は間隙sが15 $\mu\text{m}$ 以下のときの配向状態を示し、表13は間隙sが20 $\mu\text{m}$ 以上のときの配向状態を示している。表中、配向状態を○、△及び×で表している。○は一様な配向が得られることを表し、△は数個のドメインが発生するが一様な配向が得られることを表している。×は多数のドメインが発生し、一様な配向が得られないことを表している。

【0279】

【表12】

間隙s ( $\mu\text{m}$ )	5	6	7.5	10	12.5	15
配向状態	○	○	○	○	○	○

【表13】

【0280】

(31)

59

60

間隔 $s$ ( $\mu\text{m}$ )	20	25	30	40	50	75
配向状態	○	△	×	×	×	×

【0281】表12及び表13に示すように、間隔  $s$  が  $25\mu\text{m}$  以下であれば、一様な配向が得られる。一方、間隔  $s$  が  $25\mu\text{m}$  より大きければ、間隔部に多数のドメインが発生して一様な配向が得られない。

【0282】間隔  $s$  が  $25\mu\text{m}$  以下であるときは、図69に示したように、線状突起6から所定の方位への傾斜が順次伝播していくため、一様な配向が得られる。一方、間隔  $s$  が  $25\mu\text{m}$  より大きいときは、線状突起6から傾斜が伝播してくるより先に異なる方位へ傾斜してしまう領域が存在する。そのため、多数のドメインが発生し、一様な配向が得られない。したがって、MVA-LCDでは、間隔  $s$  を  $25\mu\text{m}$  以下にする必要がある。

【0283】(実施例9-6) 視角特性を改善するために、偏光板とガラス基板の間に光学補償手段である光学補償層を設置することも可能である。光学補償層としては1軸性または2軸性の位相差フィルムを用いることができる。

【0284】以上説明したように、本実施形態による液晶表示装置であれば、応答速度を高速化することができ、表示で問題となる残像や表示ボケ等を緩和させることが可能となり、VA型液晶表示装置の表示性能向上に寄与することができる。

【0285】以上説明した本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記1) 所定のセルギャップで対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に形成された垂直配向膜と、前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層と、少なくとも前記一对の基板の一方に配置され、電圧印加時において前記液晶層中の全体的な液晶分子の配向方向を規制する配向規制用構造物と、前記液晶層中に設けられ前記液晶分子を傾斜させる液晶骨格を備えた硬化物を有することを特徴とする液晶表示装置。

【0286】(付記2) 付記1記載の液晶表示装置において、前記硬化物は、前記配向規制用構造物上の前記液晶分子の傾斜角度を  $\theta_{pr}$  としたとき、

$$0^\circ \leq \theta_{pr} < 45^\circ$$

を満たす前記液晶骨格を備えていることを特徴とする液晶表示装置。

【0287】(付記3) 付記1又は2に記載の液晶表示装置において、前記液晶分子を延伸方向に沿ってほぼ平行に傾斜させる配向制御因子をさらに有していることを特徴とする液晶表示装置。

【0288】以上説明した本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記4) 付記1乃至3のいずれか1項に記載の液晶表示装置において、前記硬化物は、光硬化性あるいは熱硬化性のモノマーの重合により形成されていることを特徴

とする液晶表示装置。

【0289】(付記5) 付記4記載の液晶表示装置において、前記モノマーの濃度は、0.1～3wt%であることを特徴とする液晶表示装置。

【0290】以上説明した本発明の第3の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記6) 所定のセルギャップで対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に形成された垂直配向膜と、前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層と、前記液晶層中に設けられ、液晶分子の傾斜角を所定領域毎に変化させる液晶骨格を備えた硬化物を有することを特徴とする液晶表示装置。

【0291】(付記7) 付記6記載の液晶表示装置において、少なくとも前記一对の基板の一方に配置され、電圧印加時において前記液晶層中の全体的な液晶分子の配向方向を規制する配向規制用構造物を有することを特徴とする液晶表示装置。

【0292】(付記8) 付記6又は7に記載の液晶表示装置において、前記硬化物は、前記液晶分子の基板法線方向の平均プレチルト角を規制し、前記所定領域毎に異なる前記平均プレチルト角となるようにポリマー構造を構成することを特徴とする液晶表示装置。

【0293】(付記9) 付記8記載の液晶表示装置において、前記ポリマー構造は、前記液晶に添加した光硬化性のモノマーの重合により形成され、所定パターンのフォトリソマスクを介して露光することにより、前記所定領域毎に異なる前記平均プレチルト角が付与されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0294】(付記10) 付記8又は9に記載の液晶表示装置において、前記平均プレチルト角の一つは  $88^\circ$  以上であり、他は  $45^\circ$  以上  $88^\circ$  以下であることを特徴とする液晶表示装置。

【0295】(付記11) 付記10記載の液晶表示装置において、 $88^\circ$  以上の平均プレチルト角となる前記所定領域の占める面積は全体の20%以上であることを特徴とする液晶表示装置。

【0296】(付記12) 負の誘電率異方性を備えた液晶に光硬化性のモノマーを添加した液晶層を一对の基板間に封止し、所定の開口パターンを有するマスクを介して前記液晶層を露光して、液晶分子の基板法線方向の平均プレチルト角が所定領域毎に異なるポリマー構造を形成することを特徴とする液晶表示装置の製造方法。

【0297】(付記13) 付記12記載の液晶表示装置の製造方法において、前記所定領域の露光毎に異なる電圧を前記液晶層に印加して前記ポリマー構造を形成し、前記平均プレチルト角を前記所定領域毎に異ならせることを特徴とする液晶表示装置の製造方法。

(32)

61

【0298】以上説明した本発明の第4の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記14) 対向配置された一对の基板と、前記一对の基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、配向規制用構造物としての、延伸方向に沿って頂上近傍に形成された凹凸部を備え、前記電極上に配置される線状突起と、前記電極の電極材の一部を抜いて形成され、延伸方向にストライプ状電極が形成されたスリット部との少なくともいづれか一方と、前記一对の基板間に形成された垂直配向膜と、前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【0299】(付記15) 対向配置された一对の基板と、前記一对の基板の対向面にそれぞれ形成された第1及び第2の電極と、前記第1の電極の電極材の一部を抜いて形成されたスリット部と、前記第2の電極の前記スリット部に対向する位置に形成された導電性線状突起との組合せによる配向規制用構造物と、前記一对の基板間に形成された垂直配向膜と、前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【0300】(付記16) 付記15記載の液晶表示装置において、前記スリット部は、前記スリット部の延伸方向にストライプ状電極を備えていることを特徴とする液晶表示装置。

【0301】以上説明した本発明の第5の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記17) 付記16記載の液晶表示装置において、前記導電性線状突起の頂上部は、延伸方向に凹凸を繰り返す凹凸部を有していることを特徴とする液晶表示装置。

【0302】(付記18) 付記17記載の液晶表示装置において、前記凹凸部の前記凹凸は、周期的に形成されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0303】(付記19) 対向配置された一对の基板と、前記一对の基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、前記電極の電極材の一部を抜いて形成され、延伸方向にストライプ状電極が形成されたスリット部を有する配向規制用構造物と、前記スリット部以外の前記電極上に形成された誘電体層と、前記誘電体層上に形成された垂直配向膜と、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【0304】以上説明した本発明の第6の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記20) 対向配置された一对の基板と、前記一对の基板の対向面にそれぞれ形成された第1及び第2電極と、配向規制用に設けられ、頂上部に第3の電極が形成された線状突起と、前記一对の基板間に形成された垂直配向膜と、前記垂直配向膜間に封止され、負の誘電率異方性を備えた液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

62

【0305】(付記21) 付記20記載の液晶表示装置において、前記第3の電極には、当該第3の電極と対向配置される前記第1又は第2の電極との電位差が他の領域より小さくなる電位が印加されることを特徴とする液晶表示装置。

【0306】(付記22) 付記20記載の液晶表示装置において、前記第3の電極には、当該第3の電極が形成された前記線状突起が配置されている前記第1又は第2の電極の電位とほぼ同電位が印加されることを特徴とする液晶表示装置。

【0307】(付記23) 付記22記載の液晶表示装置において、前記第3の電極と対向する対向基板側に、絶縁性の線状突起が形成されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0308】(付記24) 付記23記載の液晶表示装置において、前記第3の電極が形成された前記線状突起の延伸方向に直交する断面形状は、上辺が下辺より長く、前記線状突起の上部面積は下部面積より広いことを特徴とする液晶表示装置。

【0309】以上説明した本発明の第7の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記25) 対向配置された一对の基板と、前記一对の基板の対向面にそれぞれ形成された電極と、前記電極上に配置される線状突起と、前記電極の電極材の一部を抜いて形成されたスリット部との少なくともいづれか一方を備え、前記一对の基板の少なくとも一方に形成された配向規制用構造物と、前記基板間に封止されて負の誘電率異方性を備え、前記電極に電圧が印加されているときは、前記配向規制用構造物に隣接する領域での液晶分子の配向方位が前記配向規制用構造物の延伸方向に対して概ね45°異なり、電圧無印加時には、前記配向規制用構造物の存在しない領域の液晶分子がほぼ垂直配向し、前記配向規制用構造物上又はその対向部の液晶分子が非垂直配向するように配向制御される液晶層とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【0310】(付記26) 付記25記載の液晶表示装置において、前記電圧無印加時の前記配向規制用構造物上の液晶分子のプレチルト角が、概ね0°であることを特徴とする液晶表示装置。

【0311】(付記27) 付記25又は26に記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物又はその対向部における配向膜の膜厚は、前記配向規制用構造物が存在しない領域の膜厚よりも薄いことを特徴とする液晶表示装置。

【0312】(付記28) 付記27記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物又はその対向部に前記配向膜を形成しないことを特徴とする液晶表示装置。

【0313】(付記29) 付記25乃至28のいずれか1項に記載の液晶表示装置において、前記線状突起の一部領域の高さを変化させたことを特徴とする液晶表示装置。



(33)

63

置。

【0314】(付記30) 付記25乃至28のいずれか1項に記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物の延伸方向に直交する幅を変化させたことを特徴とする液晶表示装置。

【0315】(付記31) 付記25乃至28のいずれか1項に記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物又はその対向部のうち少なくとも一方に、基板平面方向に方向性を有する構造物を配置したことを特徴とする液晶表示装置。

【0316】以上説明した本発明の第8の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記32) 所定のセルギャップ $d$ で対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、前記基板面にほぼ垂直に配向する液晶とを有する液晶表示装置であって、前記所定のセルギャップ $d$ は、 $2.0\mu\text{m}$ 以下であり、前記液晶の屈折率異方性 $\Delta n$ は、 $0.1500$ 以上であり、リタデーション $\Delta n \cdot d$ は、 $0.30\mu\text{m} < \Delta n \cdot d < 0.42\mu\text{m}$ であることを特徴とする液晶表示装置。

【0317】(付記33) 付記32記載の液晶表示装置において、前記一对の基板の少なくとも一方に前記液晶の配向方位を規制する配向規制用構造物が形成されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0318】(付記34) 付記33記載の液晶表示装置\*

$$(\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 233.7) \times (K_{33} + 36.9) \times (d - 1.1) \times (\Delta\epsilon^4 + 31.7\Delta\epsilon^3 + 370.8\Delta\epsilon^2 + 1948.6\Delta\epsilon + 4304.2) \leq 8.8 \times 10^8 \quad (\text{式1})$$

を満たすことを特徴とする液晶表示装置。

【0323】(付記39) 所定のセルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) で対向配置され、少なくとも一方に配向規制用構造物が形成された一对の基板と、前記一对の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、前記基板面にほぼ垂直※

$$(\gamma_1 - 1.1) \times (K_{11} + 875.6) \times (K_{33} + 50.6) \times (d^4 + 2.7d^3 + 9.5d^2 + 430.8d + 524.1) \times (\Delta\epsilon^4 + 31.7\Delta\epsilon^3 + 370.8\Delta\epsilon^2 + 1948.6\Delta\epsilon + 4304.2) \leq 1.6 \times 10^{12} \quad (\text{式2})$$

を満たすことを特徴とする液晶表示装置。

【0324】(付記40) 付記39記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物は、基板面方向の間隙が $25\mu\text{m}$ 以下で形成されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0325】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、透過率の低下を抑えて応答特性を改善することができる。また、本発明によれば、応答特性の劣化を抑えて透過率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置の動作原理を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態による実施例1-1

64

\*において、前記配向規制用構造物は、前記一对の基板の双方に設けられた土手状の線状突起であることを特徴とする液晶表示装置。

【0319】(付記35) 付記33記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物の高さは、 $1.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする液晶表示装置。

【0320】(付記36) 付記33乃至35のいずれか1項に記載の液晶表示装置において、前記配向規制用構造物の幅は $3.0\mu\text{m}$ 以下であり、構造物と構造物との間隙幅は $15\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする液晶表示装置。

【0321】(付記37) 付記33乃至36のいずれか1項に記載の液晶表示装置において、R (赤)、G (緑)、B (青)の画素毎の前記配向規制用構造物の間隙幅を $P_B$ 、 $P_G$ 、 $P_R$ とすると、 $P_B < P_G \leq P_R$ を満足することを特徴とする液晶表示装置。

【0322】以上説明した本発明の第9の実施の形態による液晶表示装置は、以下のようにまとめられる。

(付記38) 所定のセルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) で対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に封止され、負の誘電率異方性を備え、前記基板面にほぼ垂直に配向する液晶とを有する液晶表示装置であって、前記液晶は、前記セルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) と回転粘性 $\gamma_1$  ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ) とスプレイの弾性定数 $K_{11}$  ( $\text{pN}$ ) とベンドの弾性定数 $K_{33}$  ( $\text{pN}$ ) と誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ とが、

※に配向する液晶とを有する液晶表示装置であって、前記液晶は、前記セルギャップ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) と回転粘性 $\gamma_1$  ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ) とスプレイの弾性定数 $K_{11}$  ( $\text{pN}$ ) とベンドの弾性定数 $K_{33}$  ( $\text{pN}$ ) と誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ とが、

の適用効果を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態による実施例1-1による応答速度の測定結果を示す図である。

【図4】比較例1-1による応答速度の測定結果を示す図である。

【図5】ポリマー形成前における配向規制用構造物上の液晶分子の傾斜角と透過率 (印加電圧で示している) との関係を示す図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態による実施例1-3によるMVAセルの概略構成を示す図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態による実施例1-4によるMVAセルの概略構成を示す図である。

【図8】配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示す図である。

(34)

65

【図9】配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示す図である。

【図10】配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示す図である。

【図11】配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示す図である。

【図12】配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示す図である。

【図13】配向規制用構造物あるいは特異点制御部に対する液晶分子の配向状態を示す図である。

【図14】十字型の突起構造物4が一方の基板1に形成されている液晶パネルを基板面法線に沿って見た状態を示す図である。

【図15】本発明の第2の実施の形態における実施例2-1による液晶パネルを基板面法線に沿って見た状態を示す図である。

【図16】本発明の第2の実施の形態における実施例2-1の液晶パネルと比較例の液晶パネルとを比較するグラフである。

【図17】本発明の第2の実施の形態における実施例2-2による液晶パネルを基板面法線に沿って見た状態を示す図である。

【図18】本発明の第2の実施の形態における実施例2-2の液晶パネルと比較例の液晶パネルとを比較するグラフである。

【図19】本発明の第3の実施の形態による液晶パネル構造を示す断面図である。

【図20】本発明の第3の実施の形態による液晶パネルの製造方法を説明する図である。

【図21】本発明の第3の実施の形態による液晶パネル構造の他の例であって、隣接した2つの液晶セルを基板面に向かって見た状態を示す図である。

【図22】本発明の第3の実施の形態による液晶パネル構造のさらに他の例及び比較例を示し、液晶パネルの2画素分を基板面法線に沿って見た状態を示す図である。

【図23】本発明の第4の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図24】本発明の第4の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図25】本発明の第4の実施の形態における実施例4-1による液晶表示装置を示す図である。

【図26】本発明の第4の実施の形態における実施例4-1による液晶表示装置を示す図である。

【図27】本発明の第4の実施の形態における実施例4-1によるMVAセルの一断面を模式的に示す図である。

【図28】本発明の第4の実施の形態における実施例4-1によるMVAセルの一断面を模式的に示す図である。

【図29】本発明の第4の実施の形態における実施例4

66

-1の比較例によるMVAセルの一断面を模式的に示す図である。

【図30】本発明の第4の実施の形態における実施例4-1の比較例によるMVAセルの一断面を模式的に示す図である。

【図31】本発明の第4の実施の形態における実施例4-2による液晶表示装置を示す図である。

【図32】本発明の第4の実施の形態における実施例4-2によるMVAセルの一断面を模式的に示す図である。

【図33】本発明の第4の実施の形態における実施例4-2によるMVAセルの一断面を模式的に示す図である。

【図34】本発明の第4の実施の形態における実施例4-3による液晶表示装置を示す図である。

【図35】本発明の第5の実施の形態における実施例5-1による液晶表示装置を示す図である。

【図36】本発明の第5の実施の形態における実施例5-1による液晶表示装置を示す図である。

【図37】本発明の第5の実施の形態における実施例5-2による液晶表示装置を示す図である。

【図38】本発明の第6の実施の形態における実施例6-1による液晶パネル構造を示す図である。

【図39】本発明の第6の実施の形態における実施例6-2による液晶パネル構造を示す図である。

【図40】本発明の第6の実施の形態における実施例6-3による液晶パネル構造を示す図である。

【図41】本発明の第6の実施の形態における実施例6-4による液晶パネル構造を示す図である。

【図42】本発明の第6の実施の形態における実施例6-5による液晶パネル構造を示す図である。

【図43】本発明の第6の実施の形態における実施例6-6による液晶パネル構造を示す図である。

【図44】本発明の第7の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図45】本発明の第7の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図46】本発明の第7の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図47】本発明の第7の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図48】本発明の第7の実施の形態における実施例7-1による液晶パネル構造を示す図である。

【図49】本発明の第7の実施の形態における実施例7-1による液晶パネルの応答速度の測定結果を示す図である。

【図50】本発明の第7の実施の形態における実施例7-2による液晶パネル構造を示す図である。

【図51】本発明の第7の実施の形態における実施例7-3による液晶パネル構造を示す図である。

(35)

67

【図52】本発明の第7の実施の形態における実施例7-4による液晶パネル構造を示す図である。

【図53】本発明の第7の実施の形態における実施例7-5による液晶パネルの製造方法を説明する図である。

【図54】本発明の第7の実施の形態における実施例7-6による液晶パネル構造を示す図である。

【図55】本発明の第8の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図56】本発明の第8の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図57】本発明の第8の実施の形態において、液晶表示装置の応答特性のセルギャップ（セル厚）に対する依存性を示す図である。

【図58】本発明の第8の実施の形態において、液晶表示装置の土手の高さとのコントラスト比の関係を示す図である。

【図59】本発明の第8の実施の形態において、液晶表示装置の応答特性の間隙幅（ピッチ）依存性を示す図である。

【図60】本発明の第8の実施の形態において、液晶表示装置の応答特性の間隙幅（ピッチ）依存性を示す図である。

【図61】本発明の第8の実施の形態において、液晶表示装置の応答特性の間隙幅（ピッチ）依存性を示す図である。

【図62】本発明の第8の実施の形態において、土手幅とパネル透過率の関係を示す図である。

【図63】本発明の第9の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図64】本発明の第9の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図65】本発明の第9の実施の形態が解決しようとする問題点を説明する図である。

【図66】本発明の第9の実施の形態において、VA方式のLCDにおけるオン状態応答時間のパラメータ依存性を示す図である。

【図67】本発明の第9の実施の形態において、表11に示す液晶を用いたVA方式のLCDの応答特性を示す図である。

【図68】本発明の第9の実施の形態において、MVA-LCDの断面構造を示す図である。

【図69】本発明の第9の実施の形態において、MVA-LCDにおける液晶分子の傾斜の伝播状態を示す図である。

【図70】本発明の第9の実施の形態において、MVA-LCDにおけるオン状態応答時間のパラメータ依存性

68

を示す図である。

【図71】本発明の第9の実施の形態において、MVA-LCDの断面構造を示す図である。

【図72】本発明の第9の実施の形態において、間隙sを変化させたMVA-LCDの過渡応答特性を顕微鏡観察した結果を示す図である。

【図73】従来のMVA-LCDの中間調応答が従来のTN型LCDに比較して遅い原因を説明する図である。

【図74】従来のMVA-LCDの中間調応答が従来のTN型LCDに比較して遅い原因を説明する図である。

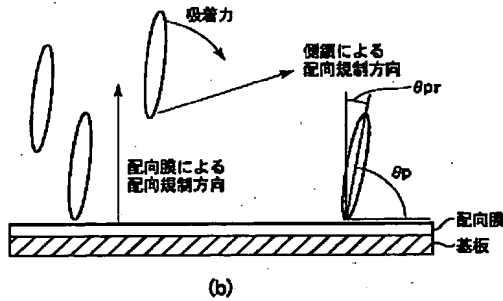
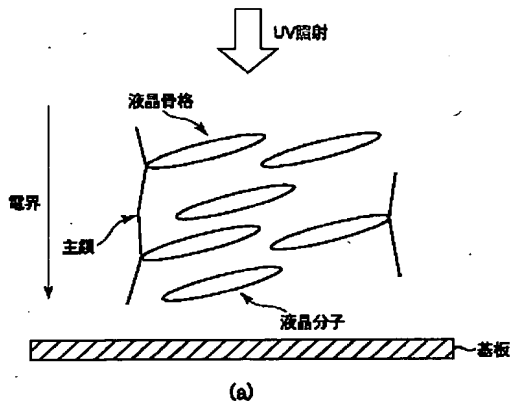
【図75】図73に示したMVA-LCDを下基板118側から見たときの電圧印加時の液晶分子の配向状態を示す図である。

# 【符号の説明】

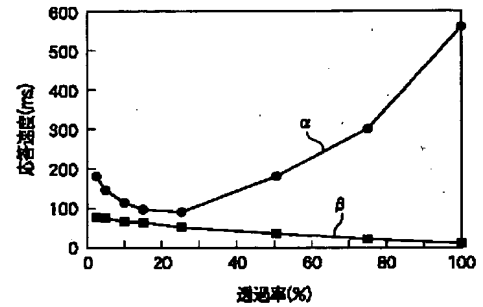
- 1、2 基板
- 3 液晶層
- 4、6 配向規制用構造物（線状突起）
- 5 配向制御因子
- 7 画素電極
- 8、8'、9、17 スリット部
- 10 液晶分子
- 11、12 透明電極
- 13 遮光膜
- 14 低プレチルト領域
- 15 未固化部
- 16 線状突起
- 18 ストライプ状電極
- 19、20、24、25 導電性線状突起
- 21 凹凸部
- 22、23 電極
- 30 偏光板
- 34、36 格子状配向規制用構造物
- 37 交差部
- 40 微小構造物
- 41 配向膜
- 46 ラビング方向
- 100 TN型LCD
- 102、124 液晶
- 104、116 上基板
- 106、118 下基板
- 108、110、120、122 電極
- 112、132 斜線部
- 114 MVA-LCD
- 126、128、130 線状突起
- 140、142 暗線

(36)

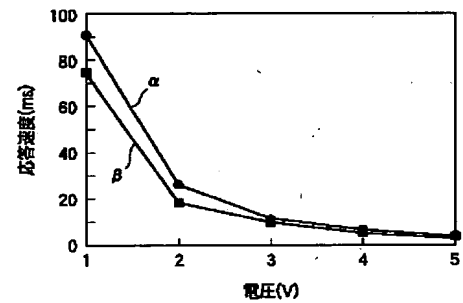
【図1】



【図3】



【図4】

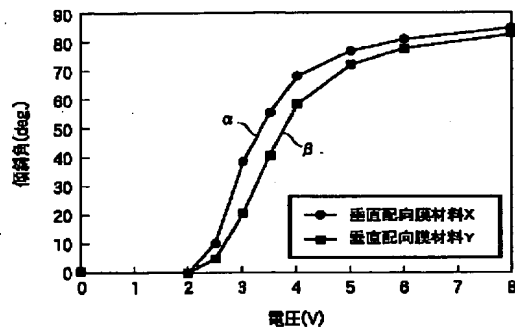


【図2】

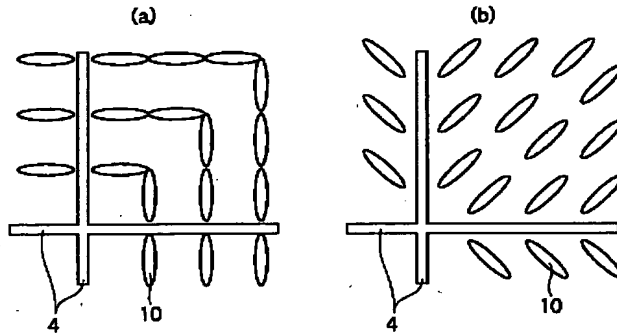
モード	TN	a-TN	ECB(水平)	OCB	IPS	ASM	FLC	MVA
界面配向処理	あり	なし	あり	あり	あり	なし	あり	なし
主な効果	ディスプレイの固定(配向分割時)の抑制	ディスプレイの抑制	立ち上がり方向への傾斜能力の付与	バック配向の固定	ディスプレイ方向への傾斜能力の付与	結晶配向の固定 傾斜の伝播の抑制	双安定性を消失(多層表示) ディスプレイ構造の抑制	バック配向の抑制 方位角方向のずれの抑制 傾斜の伝播の抑制
応答速度改善	×~△	△	△~○	×	△	○	×	○
生じる問題	旋光性の低下 コントラストの低下	旋光性の低下 コントラストの低下	黒輝度の劣化	応答速度低下 透過率低下 散乱	黒輝度の劣化 透過率の低下	(PS無しでは) 困難	応答速度低下 方位角の減少	特異点周辺に配向乱れ
利用価値	×	△	△	×	×	○	×	○
PSの適合バリエーション	×	△	△	×	×	○	○	○

(37)

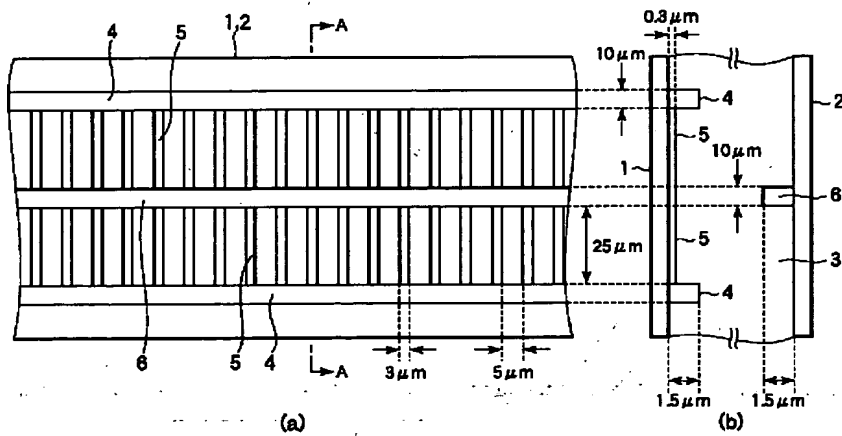
【図5】



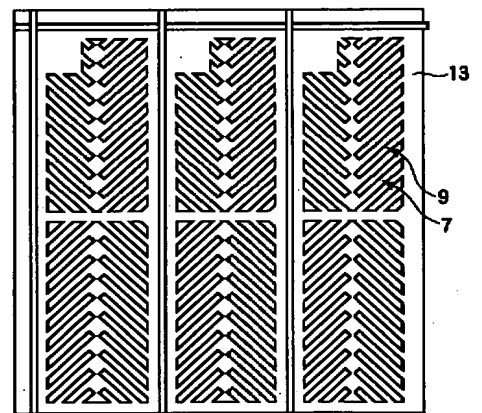
【図14】



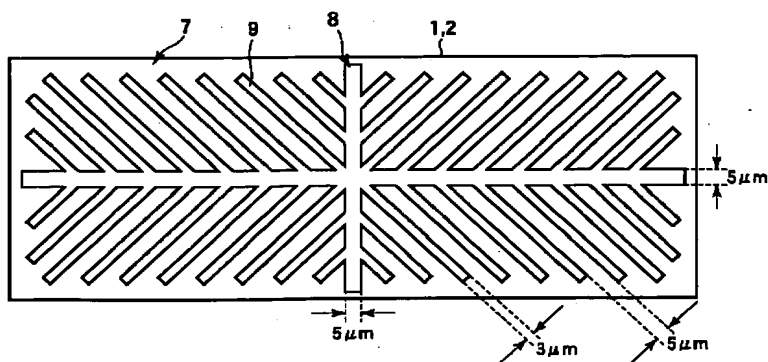
【図6】



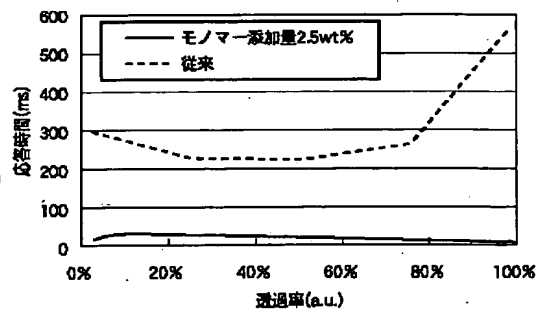
【図17】



【図7】

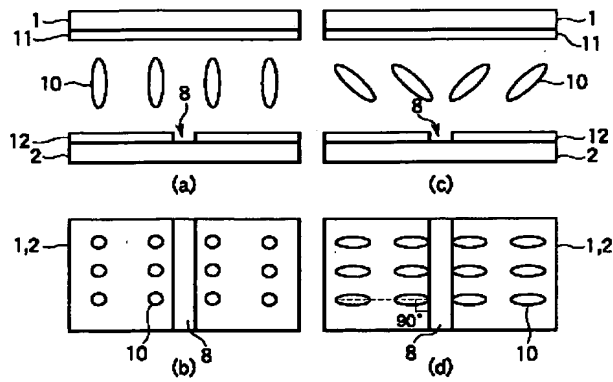


【図16】

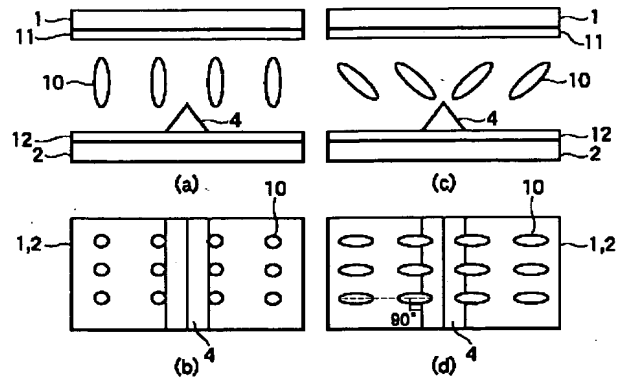


(38)

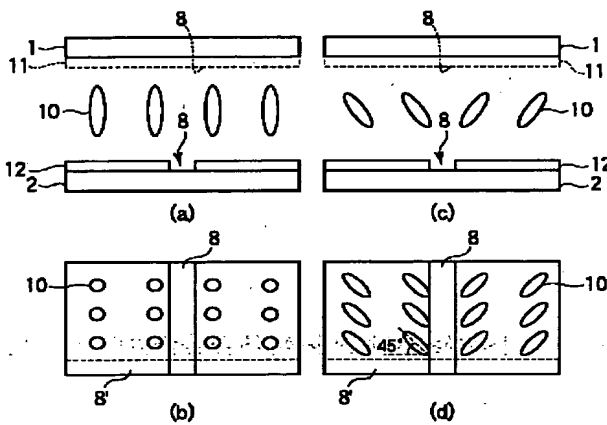
【図8】



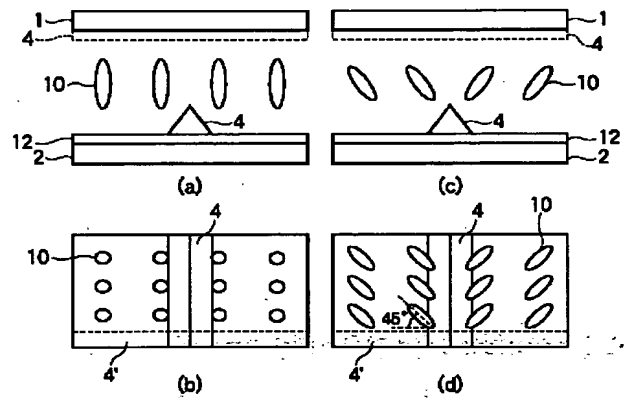
【図9】



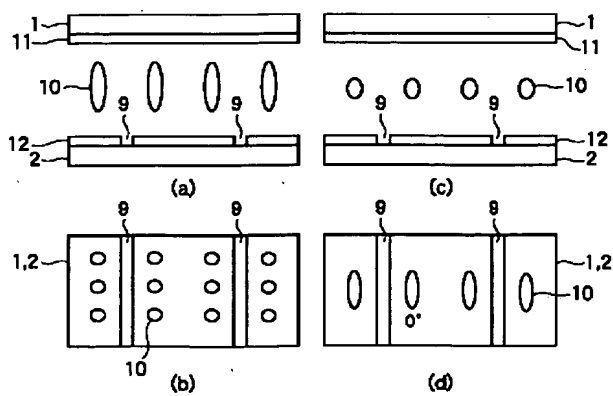
【図10】



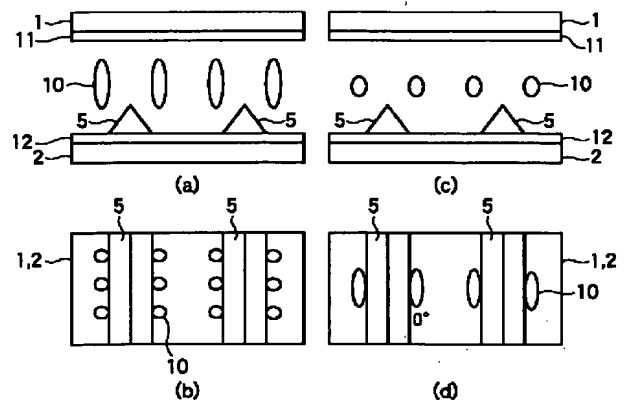
【図11】



【図12】

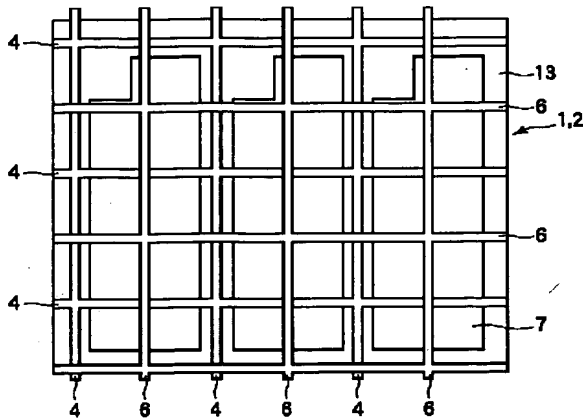


【図13】

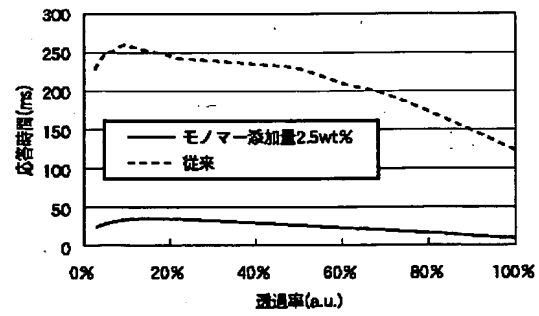


(39)

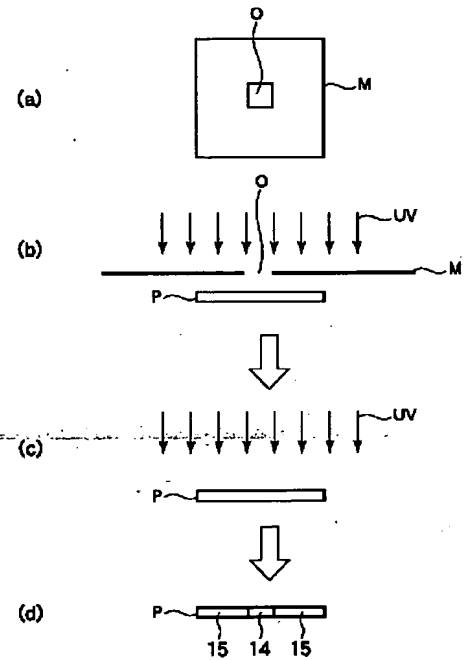
【図15】



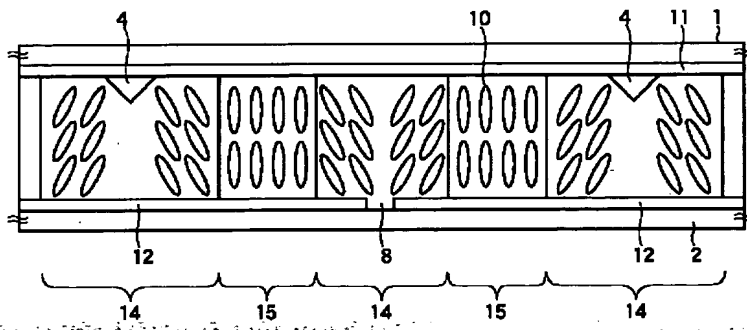
【図18】



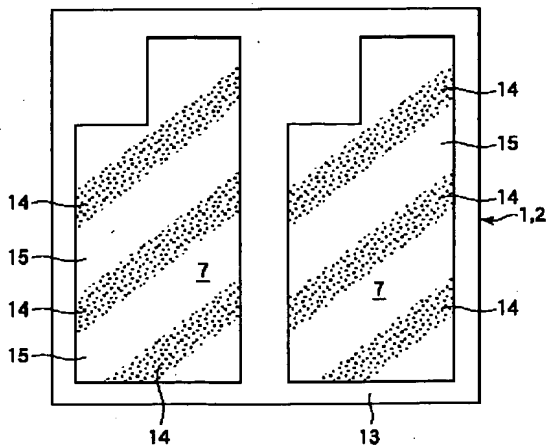
【図20】



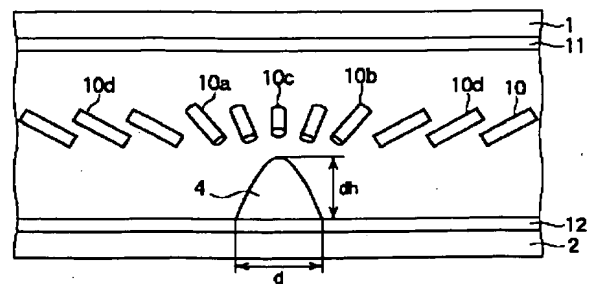
【図19】



【図21】

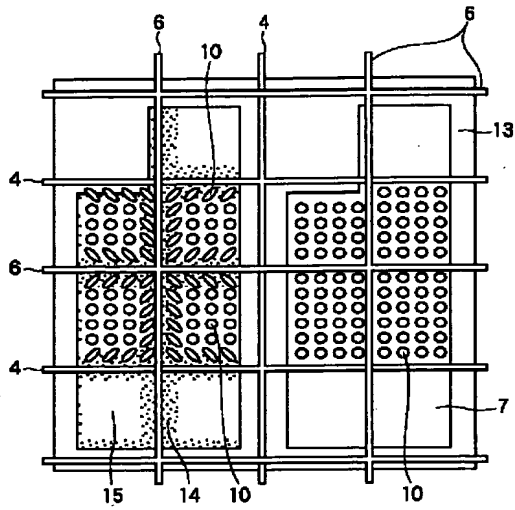


【図23】

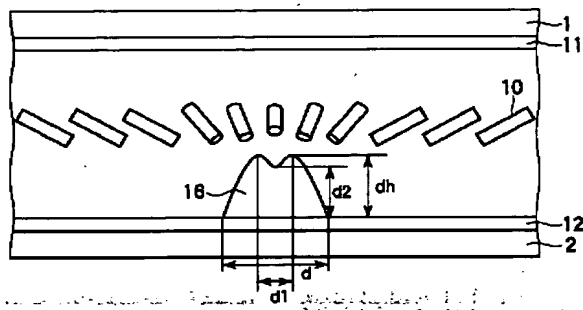


(40)

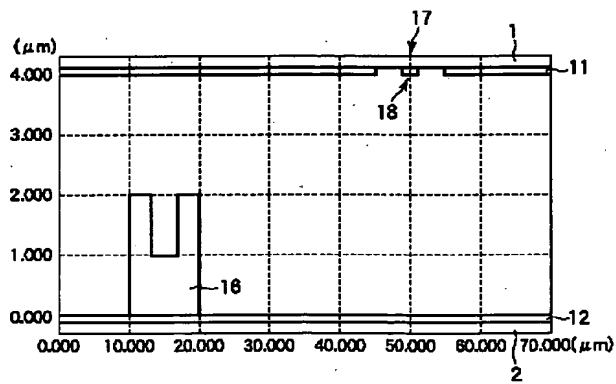
【図22】



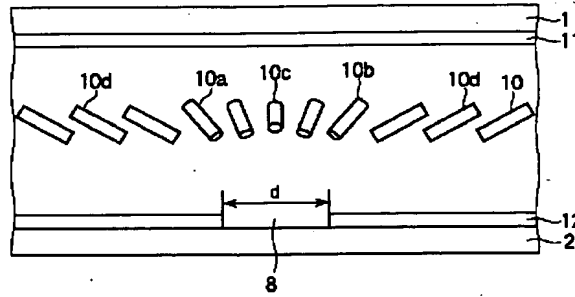
【図25】



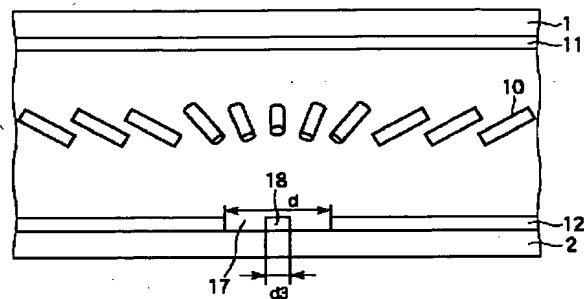
【図27】



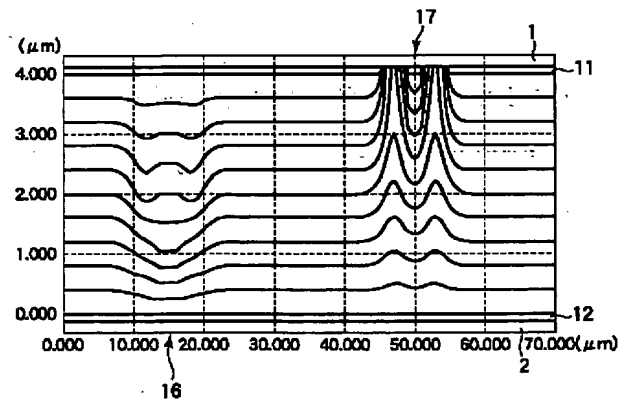
【図24】



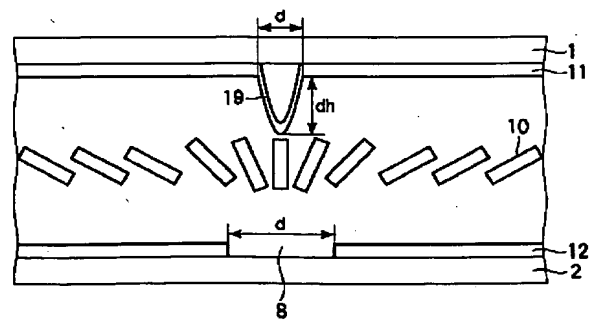
【図26】



【図28】



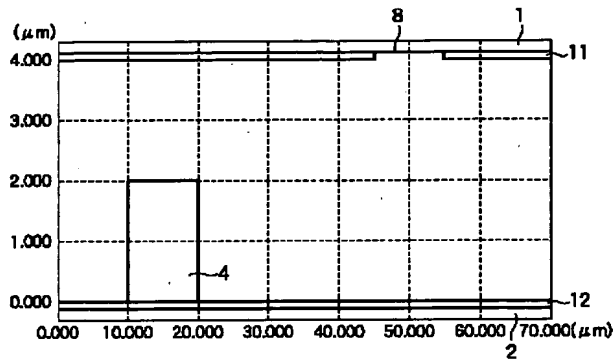
【図31】



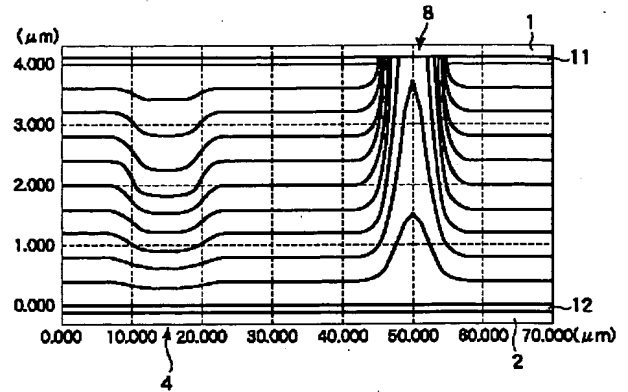


(41)

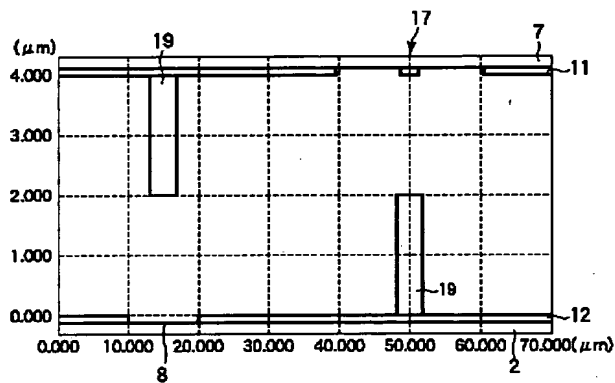
【図29】



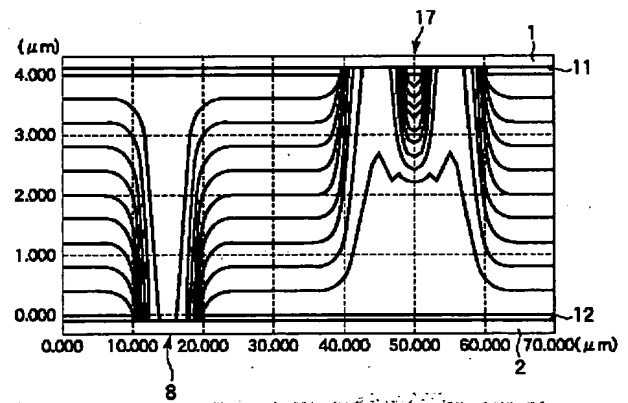
【図30】



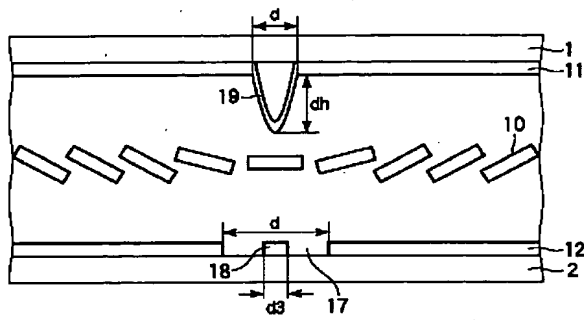
【図32】



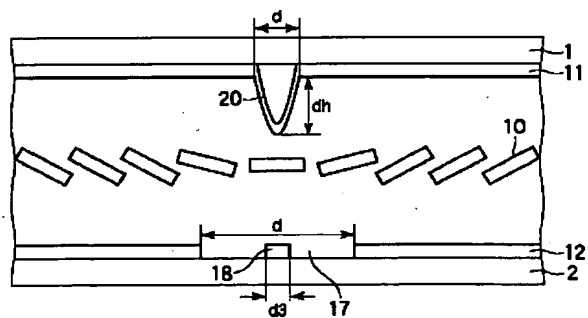
【図33】



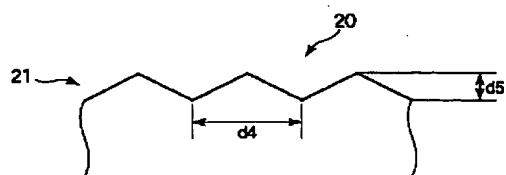
【図34】



【図35】

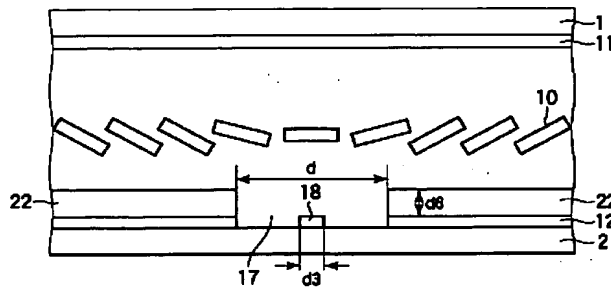


【図36】

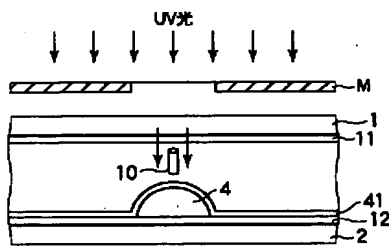


(42)

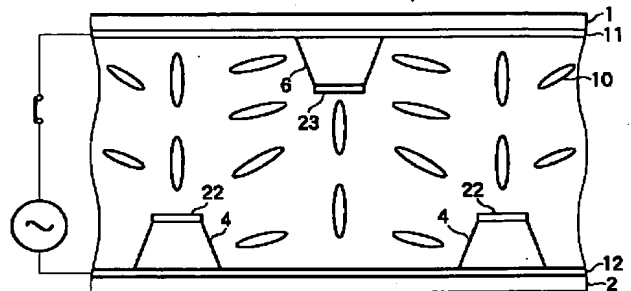
【図37】



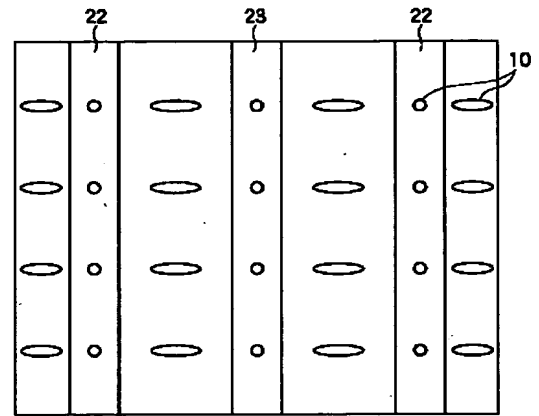
【図53】



【図38】

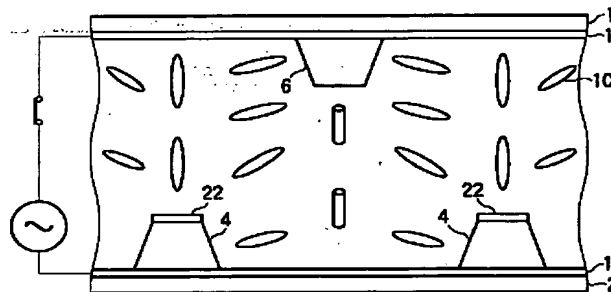


(a)

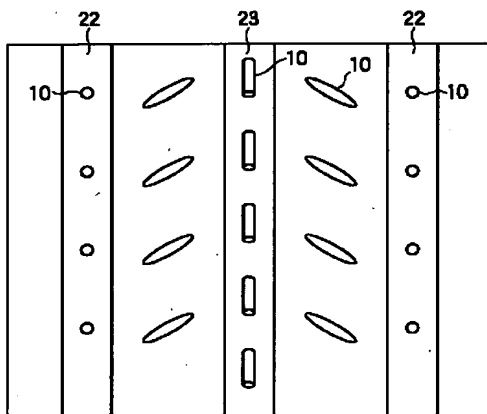


(b)

【図39】

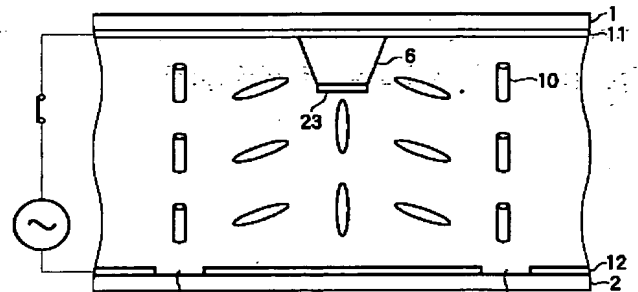


(a)

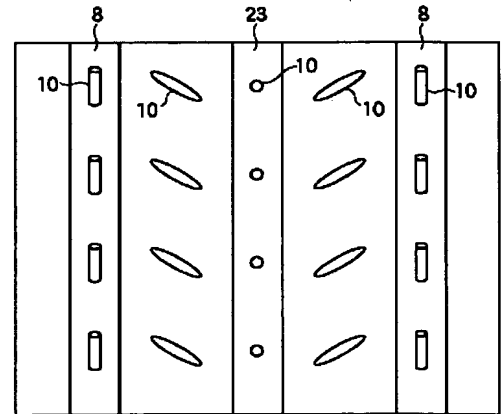


(b)

【図40】



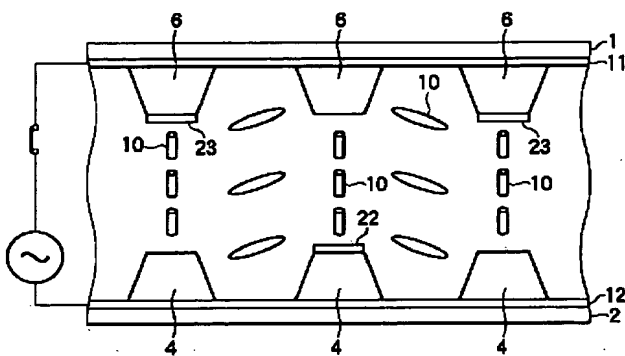
(a)



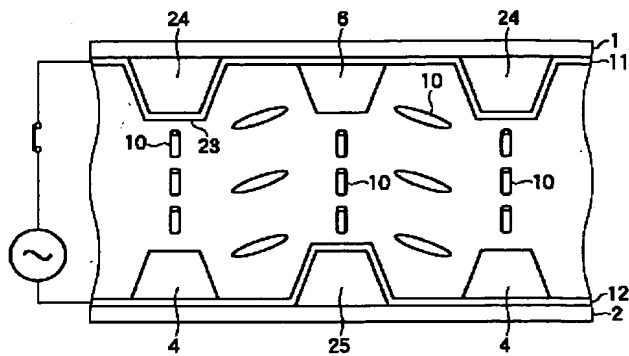
(b)

(43)

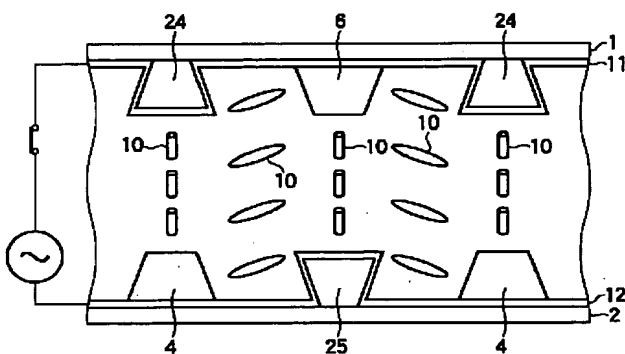
【図41】



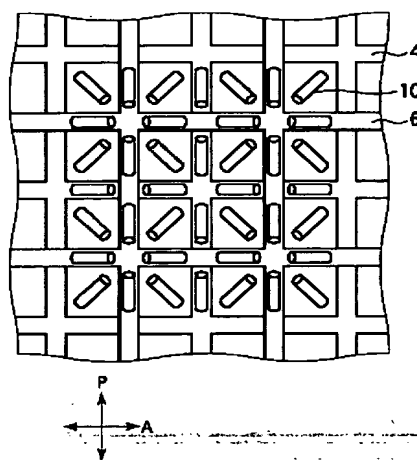
【図42】



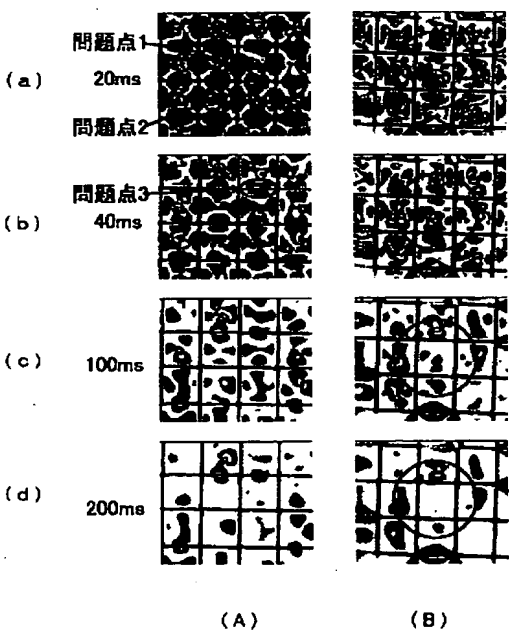
【図43】



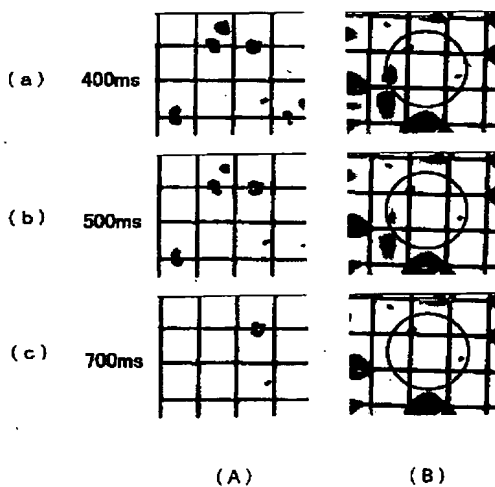
【図44】



【図46】

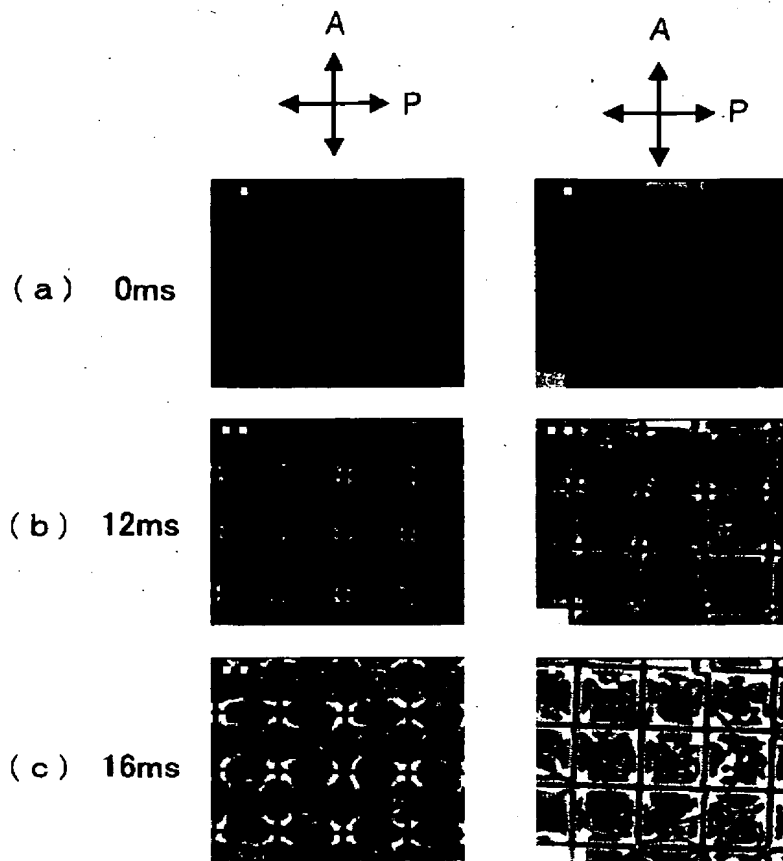


【図47】



(44)

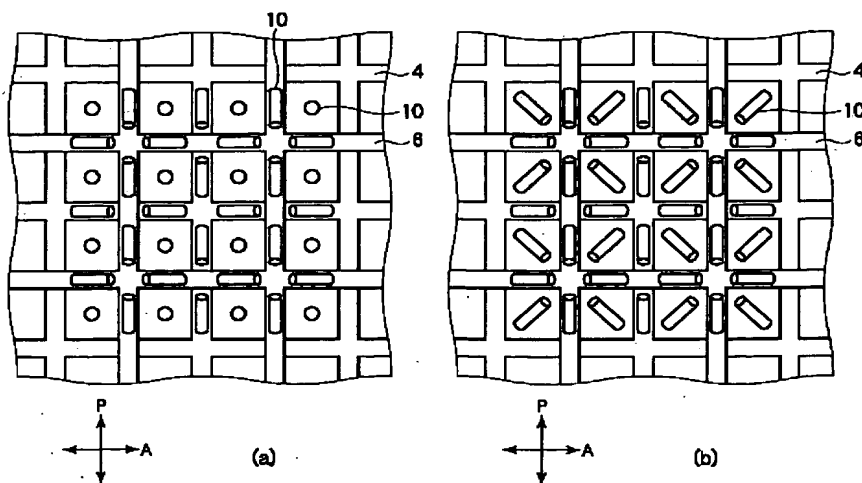
【図 45】



(A)

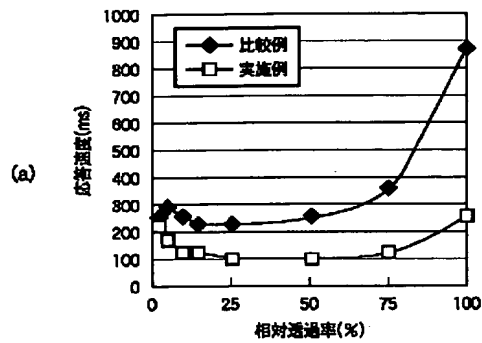
( B )

【図48】

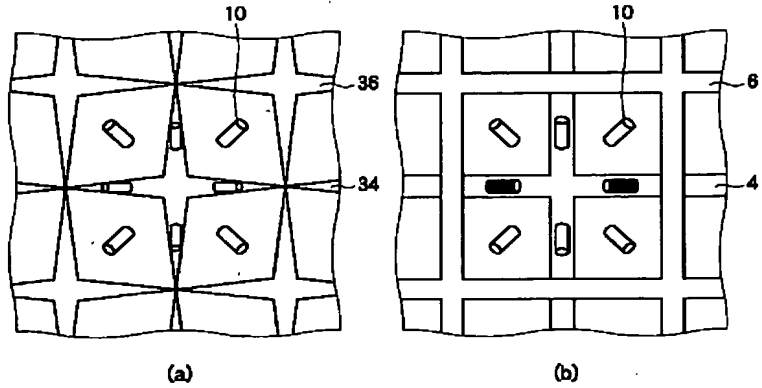


(45)

【図49】



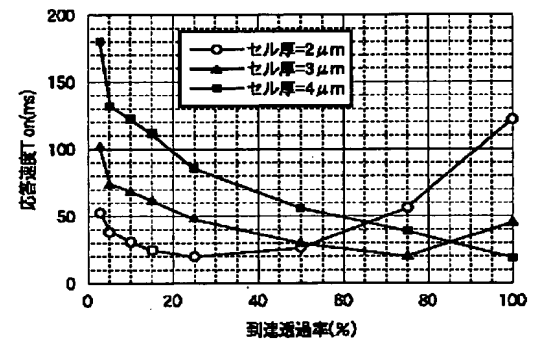
【図50】



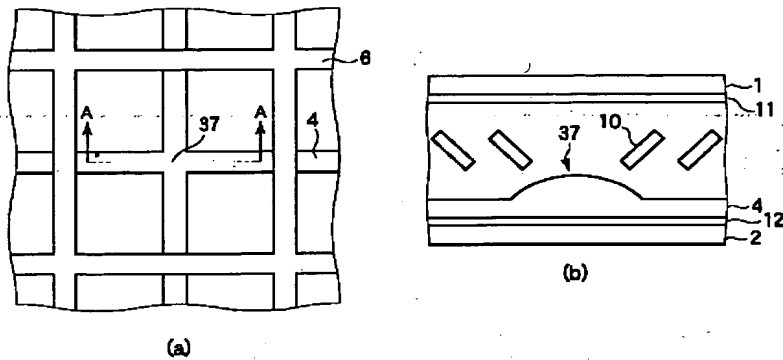
(b)

相対透過率(%)	Ton(ms)	
	比較例	実施例
2.5	260.961	224.045
5	295.181	182.062
10	260.515	125.445
15	229.929	118.874
25	228.541	92.427
50	259.284	90.808
75	363.894	118.771
100	876.173	251.183

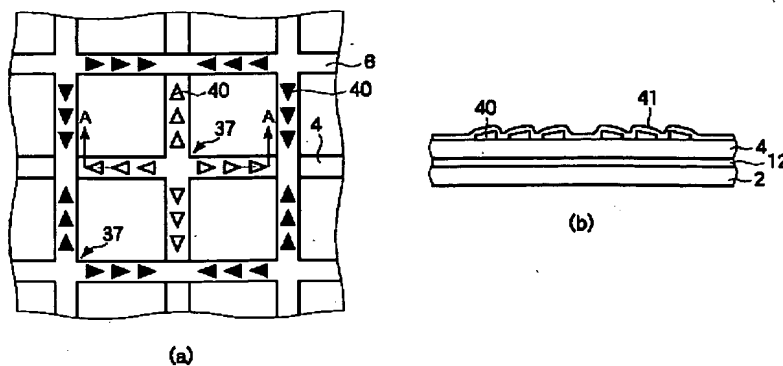
【図57】



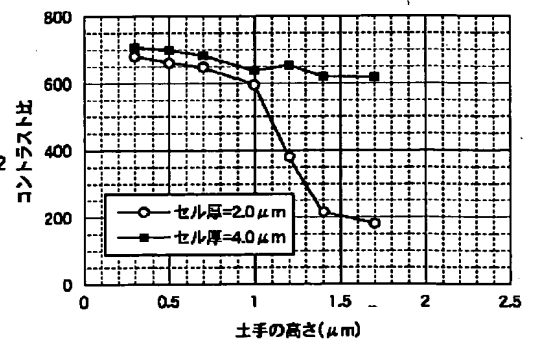
【図51】



【図52】

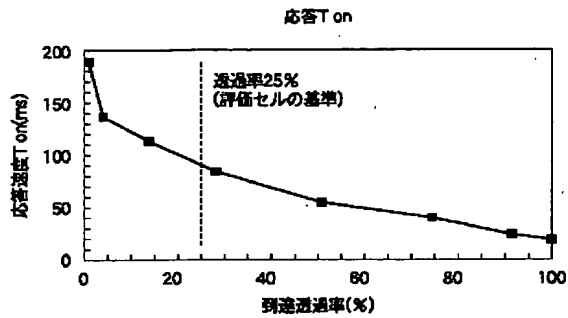


【図58】

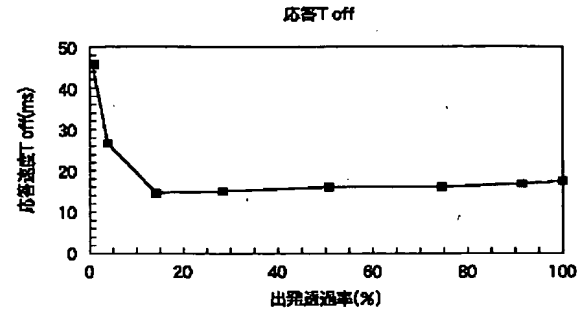


(46)

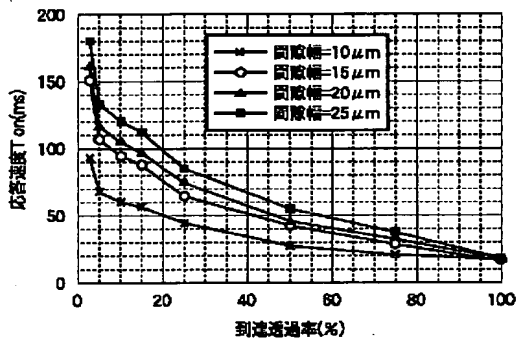
【図55】



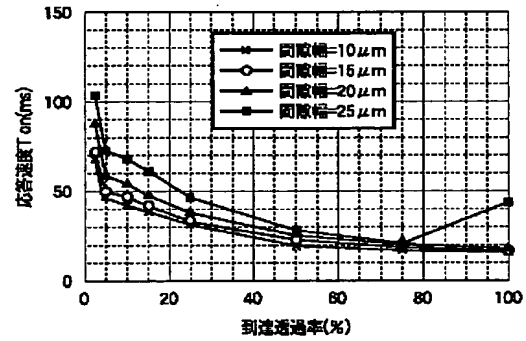
【図56】



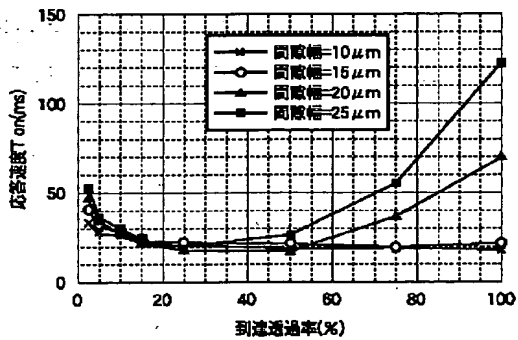
【図59】



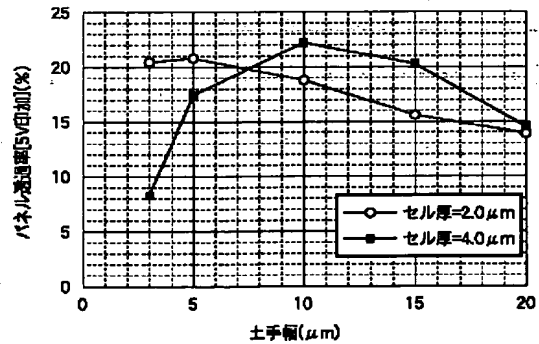
【図60】



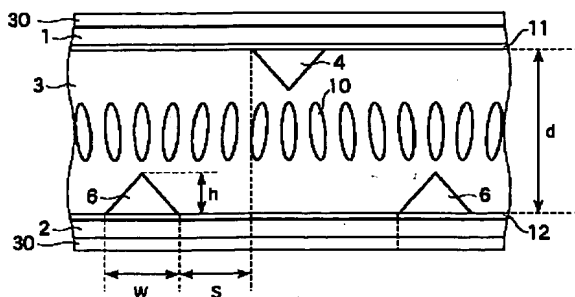
【図61】



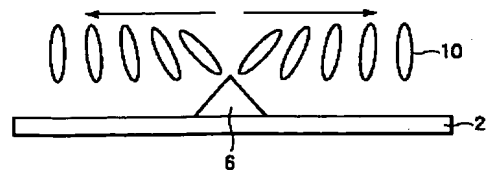
【図62】



【図68】

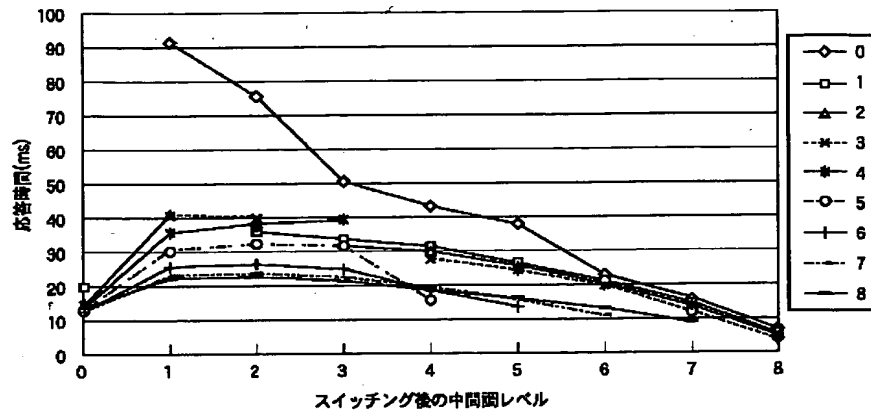


【図69】

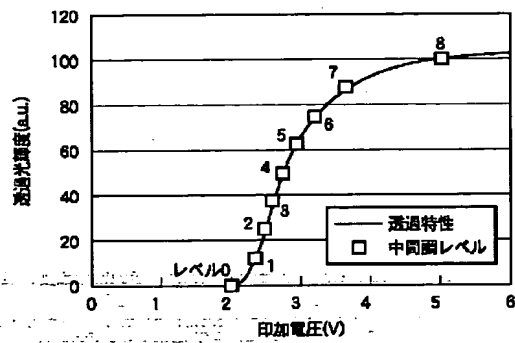


(47)

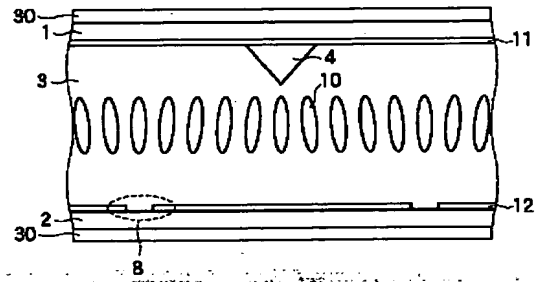
【図 6 3】



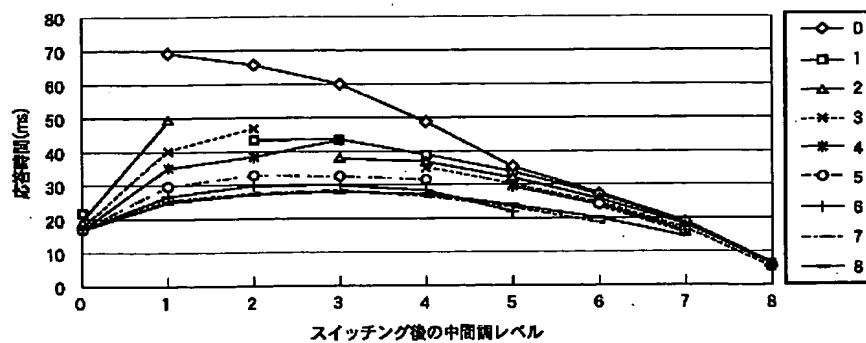
【図 6 4】



【図 7 1】

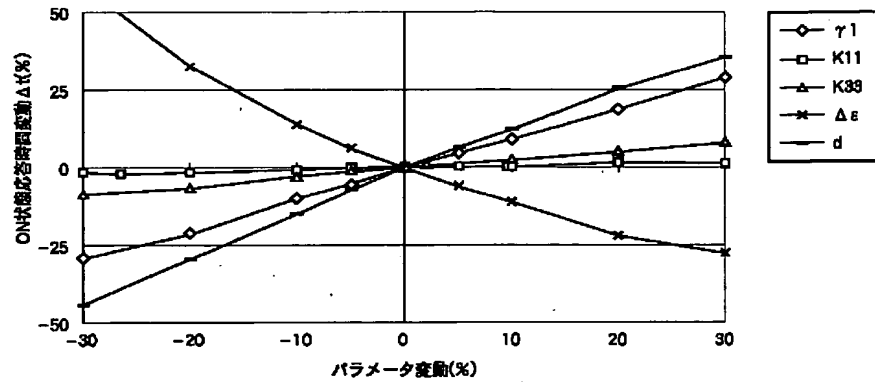


【図 6 5】

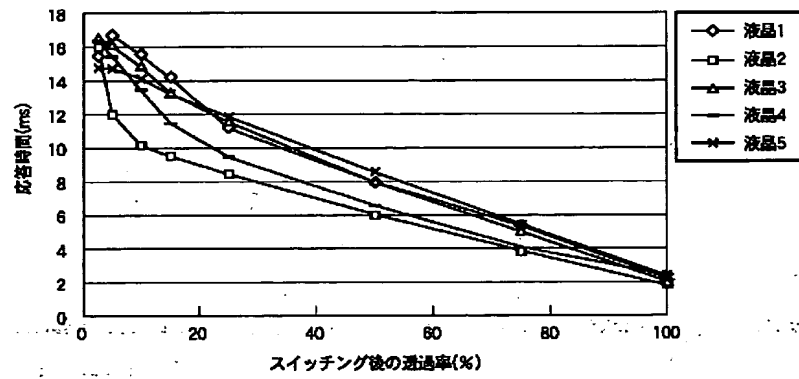


(48)

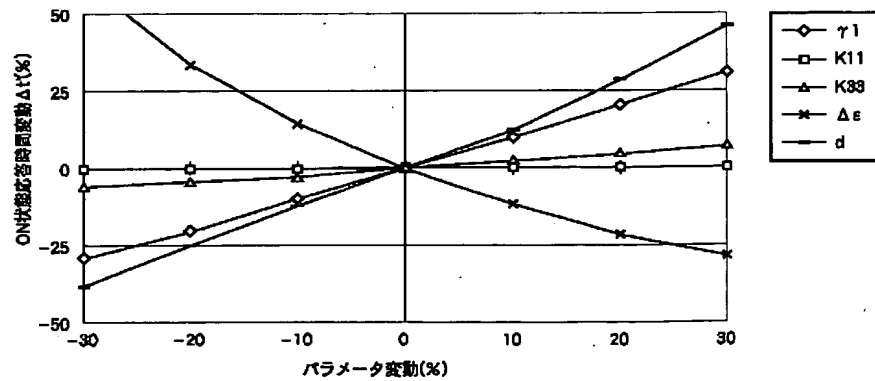
【図66】



【図67】



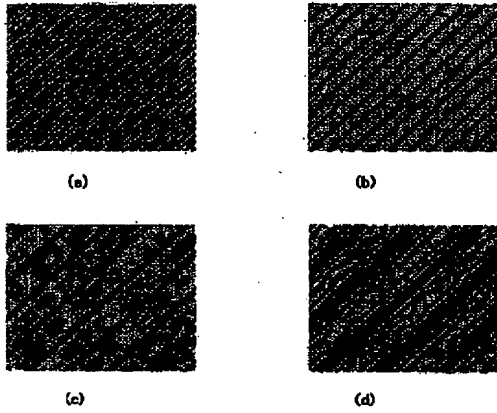
【図70】



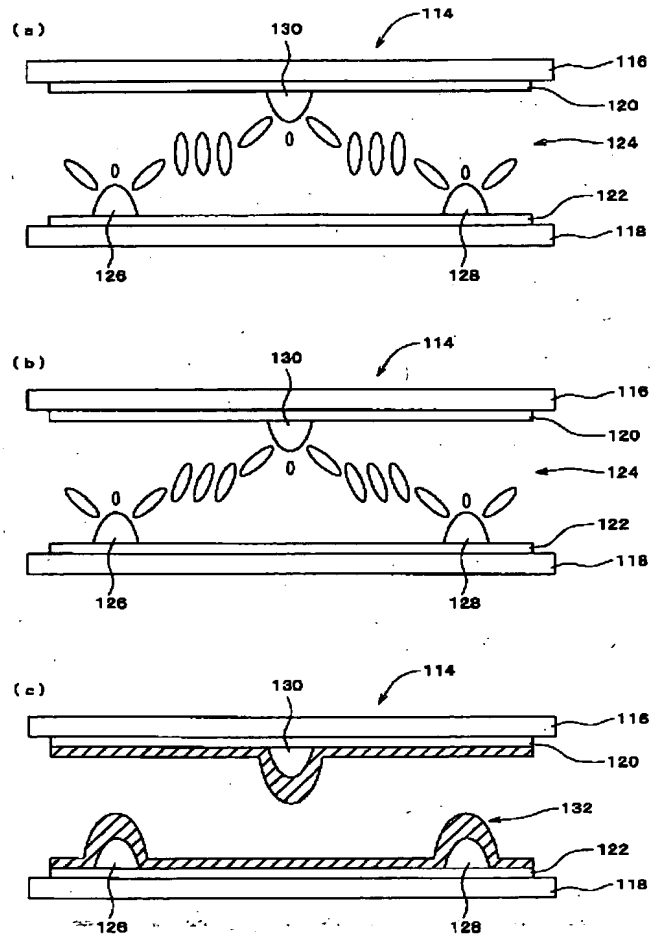


(49)

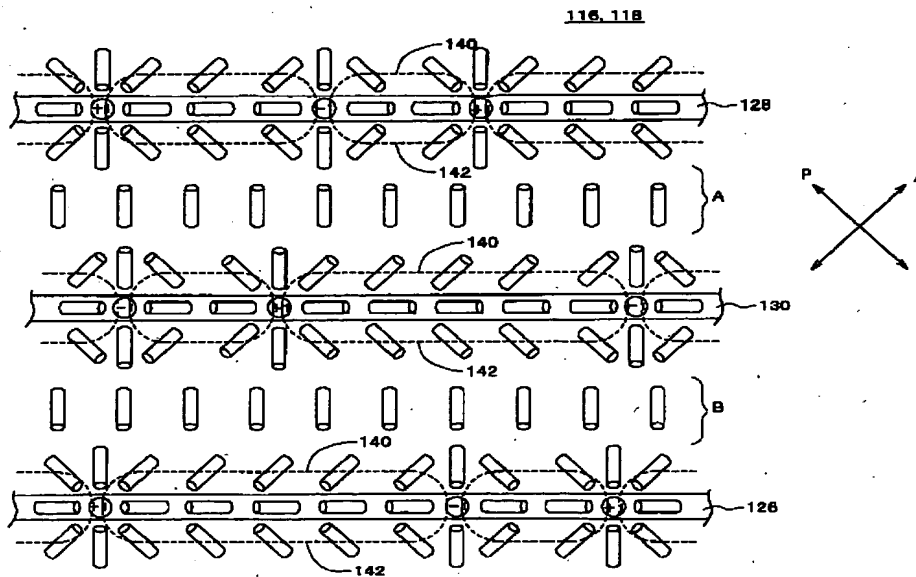
【図72】



【図73】

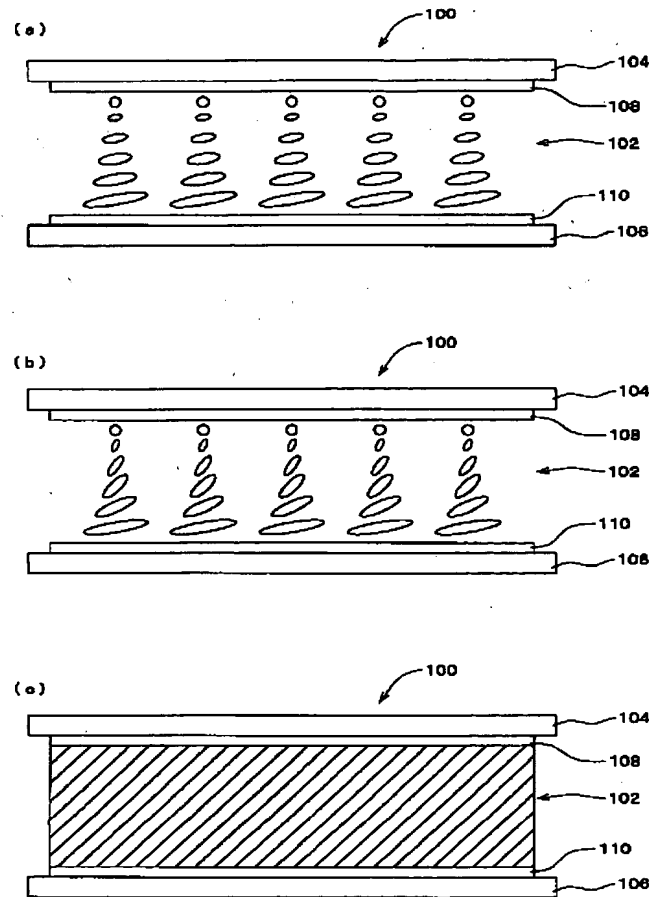


【図75】



(50)

【図74】



フロントページの続き

(72)発明者 仲西 洋平  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 上田 一也  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 片岡 真吾  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 佐々木 貴啓  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 武田 有広  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 津田 英昭  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 間山 剛宗  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 井ノ上 雄一  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 杉浦 規生  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(51)

Fターム(参考) 2H089 HA15 JA11 QA16 RA08 SA06  
SA10 SA13 SA16 TA02 TA04  
TA13 TA15  
2H090 HA03 HA16 HB13 HC05 HC11  
KA07 LA01 LA09 MA01 MA11  
MA14  
2H092 GA13 JA24 JB05 MA13 NA04  
NA05 PA02 PA09 PA11 QA09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**